

URSACHEN UND AUSWIRKUNGEN DER VERÄNDERUNGEN
IM WASSERHAUSHALT DES HESSISCHEN RIEDS

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der

Johann Wolfgang Goethe - Universität

Frankfurt am Main

D 30

vorgelegt von
Annelies Herzberg
aus Leipzig

Frankfurt am Main

~~1962~~

1963

Gedruckt mit Genehmigung der Naturwissenschaftlichen
Fakultät der Universität Frankfurt am Main

Dekan: Prof. Dr. Th. Wieland

1. Gutachten: Prof. Dr. H. Lehmann

2. Gutachten: Privatdozent Dr. W. Kuls

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Februar 1963

Tag der Promotion: 27. Februar 1963

Vorwort

Die Beschäftigung mit der geographischen Problematik von Wasserhaushaltsveränderungen geht bereits auf Untersuchungen im Rahmen meiner Diplomarbeit zurück. Die Anregung, sich erneut mit geographisch-hydrologischen Fragen zu beschäftigen, erhielt ich von meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Herbert Lehmann. Er hat diesen Untersuchungen stets reges Interesse entgegengebracht und sie in verständnisvoller Weise gefördert. Ihm gilt mein besonderer Dank.

Zugleich danke ich Herrn Professor Dr. Ernst Schönhals, Hannover, für seine vielen anregenden Bemerkungen und Hinweise, die mir die Einarbeitung in den Untersuchungsraum erleichterten.

Mein Dank gilt auch an dieser Stelle Herrn Professor Dr. Ernst Neef, Dresden (früher Leipzig), dem ich meine geographische Grundausbildung verdanke und der mich zu wissenschaftlicher Arbeit anregte.

Frau Professor Dr. Anneliese Krenzlin danke ich vor allem für die Förderung meines geographischen Studiums an der Universität Frankfurt.

Zu Dank bin ich ebenfalls Herrn Professor Dr. Wolfgang Kuls, Bonn, verpflichtet, der die vorliegenden Untersuchungen immer mit großer Aufmerksamkeit verfolgte und mir wertvolle Ratschläge erteilte.

Die Durchführung der Arbeit wäre nicht möglich gewesen ohne die Unterstützung der zahlreichen Behörden, Dienststellen, Bürgermeister und Privatpersonen, die mir bei der Beschaffung des sehr verstreut vorhandenen Untersuchungsmaterials behilflich waren und die ebenfalls durch die verschiedensten Hinweise die Arbeit förderten. Besonders hervorheben möchte ich die Herren Regierungsgeologen Dr. E. Bargon, Dr. O. Schmitt, Dr. B. Hölting und Dr. G. Mattheß vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung in Wiesbaden. Auch Herrn Oberstudiendirektor i. R. Professor Gerhard Beisinger, Bensheim, Herrn Oberregierungsbaurat i. R. Rudolf

Krause, Darmstadt sowie Herrn Altbürgermeister Philipp Schäfer, Erfelden, spreche ich an dieser Stelle für ihre wertvolle Unterstützung und die zur Verfügung gestellten Arbeitsunterlagen meinen Dank aus.

Zur Drucklegung der Arbeit haben vor allem der Kreisausschuß des Kreises Bergstraße sowie der Weschnitzverband beigetragen, wofür ich an dieser Stelle besonders danke.

Die vorliegende Untersuchung wurde am Geographischen Institut der Universität Frankfurt am Main durchgeführt und im Februar 1962 abgeschlossen.

Frankfurt am Main, im April 1964

Annelies Herzberg

	Seite
Einleitung und Problemstellung.....	10
Lage und Begrenzung des Untersuchungsgebietes.....	11
A. Die natürlichen Gegebenheiten.....	13
1. Geologische Voraussetzungen.....	13
2. Das Grundwasser.....	15
a) Die Grundwasserleiter.....	16
b) Fließrichtung, Gefälle und Fließgeschwindigkeit.....	18
c) Chemische Eigenschaften.....	19
3. Das Oberflächenwasser.....	20
a) Der Oberrhein.....	20
b) Der Bergstraßen-Neckar.....	23
c) Die Wasserläufe des Rieds.....	27
4. Die Bodenverhältnisse.....	31
5. Klimatologischer Überblick.....	33
Das hessische Ried vor dem Eingriff in den Wasser-	
haushalt.....	35
B. Die künstlichen Eingriffe in den Wasserhaushalt	
des hessischen Rieds.....	42
1. Die Veränderungen am Rheinlauf.....	42
a) Dammbauten.....	42
b) Die Rheinkorrektion.....	43
c) Stromregulierungen.....	47
2. Die Riedentwässerung.....	48
a) Die ersten Anfänge einer Entwässerung bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts.....	48
b) Die Verbesserungsmaßnahmen im hessischen Ried bis zum Jahre 1928.....	50
c) Der Generalkulturplan für das hessische Ried.....	54
3. Die Regulierungsmaßnahmen an den Odenwaldbächen...	56
4. Die Errichtung von Wasserwerken im hessischen Ried.	60

	Seite
C. Die Auswirkungen der künstlichen Maßnahmen.....	63
1. Die Auswirkungen auf die Oberflächenwässer.....	63
a) Der Rhein.....	63
Wasserführung und Abfluß.....	63
Sohlen- und Gefällsveränderungen.....	69
Hochwässer.....	76
b) Die Wasserläufe des Rieds.....	83
2. Die Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse	85
a) Die zur Feststellung der Grundwasserspiegelver- änderungen möglichen Methoden und ihre Verwend- barkeit.....	85
b) Die Auswertung der Grundwasserbeobachtungen	88
Der durchschnittliche Flurabstand des Grund- wasserspiegels.....	93
Der Jahresgang der Grundwasserstände.....	102
Der langjährige Gang der Grundwasserstände mit seinen besonderen Beziehungen zu den klimati- schen Verhältnissen.....	107
Die Beziehung des Grundwasserspiegels zu den Vorflutern.....	123
c) Die Grundwasserspiegelveränderungen im hessi- schen Ried und ihr Zusammenhang mit den wasser- wirtschaftlichen Maßnahmen.....	130
3. Die Auswirkungen auf die Agrarlandschaft des hessi- schen Rieds.....	139
a) Die sich seit Durchführung der größeren künstlichen Maßnahmen vollzogenen Wandlungen - dargestellt an den Beispielmarkungen.....	145
Riedrode.....	145
Seehof.....	158
Heppenheim (Riedanteil).....	166
b) Die zwischen den Wandlungen in der Agrarlandschaft und den Wasserhaushaltsveränderungen bestehenden Beziehungen.....	175
D. Zusammenfassung und Ergebnisse.....	189
Literatur- und Quellennachweis.....	194

Verzeichnis der Abbildungen.

	Seite
Abb. 1: Ausschnitt aus der "militärischen Situationskarte" von HAAS, Blatt Oppenheim. - Aufgenommen und gezeichnet zwischen 1788 und 1804. Ungefährer Maßstab der Wiedergabe 1:80.000.	24
Abb. 2: Ausschnitt aus der "militärischen Situationskarte" von HAAS, Blatt Heppenheim. - Aufgenommen und gezeichnet zwischen 1788 und 1804. Ungefährer Maßstab der Wiedergabe 1:80.000.	25
Abb. 3: Das Dammsystem der nördlichen Oberrheinebene und das natürliche Überschwemmungsgebiet	44
Abb. 4: Wasserstandsganglinien der Weschnitz (Pegel Lorsch/Wattenheimer Brücke) und des Rheins (Pegel Worms) von 1937 bis 1960.	64
Abb. 5: Jahresgänge der Wasserstände am Rhein (im Mittel der Jahre 1851 - 1900). Pegel Worms, Gernsheim, Oppenheim, Ginsheim, Mainz.	66
Abb. 6: Veränderung der Höhenlage der Rheinsohle am Pegel Worms und 10-Jahresmittel der Wasser- stände des Rheins am Pegel Worms von 1852/60 bis 1951/60.	67
Abb. 7: Gang der Rheinwasserstände am Pegel Worms von 1852 bis 1960.	68
Abb. 8: Verlauf einiger Hochwasserwellen am Pegel Oppenheim.	79
Abb. 9: Das Untersuchungsgebiet und die benutzten Beobachtungsstellen.	94
Abb. 10: Ost-West-Schnitt durch den Grundwasserspiegel vom Büttelborner Wald nach Hessenaue (nörd- liches Profil).	97
Abb. 11: Ost-West-Schnitt durch den Grundwasserspiegel vom Rickenbruch bei Heppenheim nach Hofheim/ Ried (südliches Profil).	98
Abb. 12: Typen des Grundwasserspiegel-Jahresganges im hessischen Ried.	107

Abb. 13: Gang der Grundwasserstände und des Niederschlags in Jahreswerten (Brunnen 527/22, Niederschlagsstation Darmstadt-Rosenhöhe).	109
Abb. 14: Gang der Grundwasserstände und der Niederschläge in Jahreswerten (Brunnen 544/27, Niederschlagsstationen Lindenfels und Viernheim).	110
Abb. 15: Gang der Grundwasserstände, des Niederschlags und des Rheinwasserstandes in Jahreswerten (Brunnen 544/6 und 527/44 sowie Niederschlagsstation Gernsheim und Pegel Worms).	111
Abb. 16: Gang der Grundwasserstände von 1880 bis 1928 im Beobachtungsbrunnen 1 des Darmstädter Wasserwerkes.	113
Abb. 17: Niederschläge der Station Lindenfels/Odenwald (in absoluten Jahreswerten und Trendlinien).	117
Abb. 18: Trendlinien der Temperatur, des Niederschlags und des Grundwassers.	120
Abb. 19: Jahresfördermengen der Grundwasserwerke Eschollbrücken und Bürstadt.	137
Abb. 20: Grundwasserganglinie aus der oberen Emsebene von 1913 bis 1949 und Grundwasserganglinie des Brunnens 544/27 von 1913 bis 1949.	140
Abb. 21: Südlicher Teil der Gemarkung Riedrode. - Ausschnitt aus einer Flug-Senkrechaufnahme im ungefähren Maßstab 1:12.000 vom 13. 4. 1959.	149
Abb. 22: Alte, heute nicht mehr vorhandene Wasserläufe nordöstlich von Bobstadt. - Ausschnitt aus einer Flug-Senkrechaufnahme im ungefähren Maßstab 1:12.000 vom 13. 4. 1959.	151
Abb. 23: Gemarkung Riedrode. Flächennutzung um 1903/05, um 1937 und um 1952.	154
Abb. 24: Seehof. - Ausschnitt aus einer Flug-Senkrechaufnahme im ungefähren Maßstab 1:22.000 vom 18. 5. 1953.	162
Abb. 25: Seehof. Flächennutzung um 1891/93, um 1937 und um 1952.	163
Abb. 26: Heppenheim (Riedanteil). Flächennutzung um 1891/93.	169

	Seite
Abb. 27: Heppenheim (Riedanteil). Flächennutzung um 1952. . .	170
Abb. 28: Teilgebiet der Gemarkung Heppenheim. - Ausschnitt aus einer Flug-Senkrechaufnahme im ungefähren Maßstab 1:22.000 vom 4. 5. 1953.	173

Als Anlagen wurden der Arbeit die Ganglinien der im Text
besonders aufgeführten 36 Beobachtungsbrunnen beigegeben.

Einleitung und Problemstellung.

In den letzten 15 bis 20 Jahren ist der Wasserhaushalt immer häufiger zum Gegenstand wissenschaftlicher Erörterungen geworden. Auch von geographischer Seite sind mehrere Arbeiten erschienen, die es sich zur Aufgabe machten, den Wasserhaushalt nicht isoliert, sondern im Zusammenhang mit der Landschaft zu betrachten und seine mannigfaltigen Beziehungen und Verflechtungen aufzuzeigen. Es seien an dieser Stelle nur die Arbeiten von KELLER¹⁾, WEIMANN²⁾ und VAN EIMERN³⁾ hervorgehoben.

Das besondere Interesse für den Wasserhaushalt erwuchs vor allem aus dem ständig steigenden Wasserbedarf von Industrie und Siedlungen, die Wasser einmal in ausreichenden Mengen, zum anderen in einwandfreier hygienischer sowie chemischer Beschaffenheit benötigen. Auf der anderen Seite treten gerade im Wasserhaushalt durch höhere Entnahmen sowie infolge Verunreinigungen Veränderungen bzw. Schädigungen auf, die besonders die Landwirtschaft in den vergangenen Jahren zu ernster Besorgnis veranlaßten. Der Wasserhaushalt hat ebenfalls noch durch Flußregulierungen und verschiedene kulturtechnische Maßnahmen eine Beeinflussung erfahren, wodurch sich Rückwirkungen auf das Landschaftsgerüge ergeben konnten.

Auch im hessischen Ried sind im Laufe der Zeit Eingriffe in den Wasserhaushalt erfolgt, über deren Auswirkungen aber im allgemeinen große Unklarheiten bestehen. Nicht selten wird sogar von einer zunehmenden "Versteppungsgefahr" in diesem Gebiet gesprochen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll mit Hilfe des vorhandenen Beobachtungsmaterials untersucht werden, welche Veränderungen sich durch diese künstlichen Eingriffe im Wasserhaushalt des hessischen Rieds ergeben haben, welche Bedeutung dabei den natürlichen Faktoren zuzumessen ist

1) KELLER 1951

2) WEIMANN 1947

3) VAN EIMERN 1948

und inwieweit die Wasserhaushaltsveränderungen als Ursache für die Wandlungen - insbesondere in der Agrarlandschaft - anzusehen sind.

PETZINGER⁴⁾ hat den hier aufgeworfenen Fragenkomplex nur am Rande behandelt. Im Mittelpunkt seiner Untersuchungen, die sich nur auf den zum Kreis Groß-Gerau gehörenden Teil des hessischen Rieds erstrecken, steht die soziale und wirtschaftliche Umwandlung des Raumes, die das hessische Ried zu einem Arbeiterwohngebiet der im Rhein-Main-Raum gelegenen größeren Industriestädte machte. BURRE⁵⁾ beschäftigt sich gleichfalls mit Fragen der Wasserhaushaltsveränderungen, greift jedoch in seinen Darlegungen nur die Grundwasserentwicklung eines bestimmten Zeitabschnittes in der Mainspitze heraus.

Eine zusammenfassende, den prinzipiellen Fragen der Wasserökologie nachgehende Untersuchung steht noch aus. Daher erscheint es lohnend, das verstreut vorhandene Material über die hydrographischen Verhältnisse des Rieds und deren Veränderungen zu sammeln und durch neue Untersuchungs- und Beobachtungsergebnisse zu ergänzen, um somit ein Bild von der Entwicklung des Wasserhaushalts vom Beginn der Messungen bis zur Gegenwart zu gewinnen.

Lage und Begrenzung des Untersuchungsgebietes.

Als hessisches Ried wird ein Gebiet im Norden der oberrheinischen Tiefebene bezeichnet, das nicht klar abzugrenzen ist. Obwohl unter "Ried" im eigentlichen Sinne Räume zu verstehen sind, die sich durch einen sumpfigen, zumindest aber zeitweise feuchten Boden auszeichnen, ist der Begriff "hessisches Ried" im Laufe der Zeit auch auf Gebiete ausgedehnt worden, die von jeher dieses Kriterium entbehrten.

4) PETZINGER 1958

5) BURRE 1952, S. 199-250

PETZINGER⁶⁾ gibt in seinen Ausführungen einen genauen Überblick über den Riedbegriff in Südhessen seit dem 12. Jahrhundert und die in der Literatur erwähnten Abgrenzungen, auf die hier verwiesen sei.

Da im Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchungen der Wasserhaushalt, seine Veränderungen und Auswirkungen stehen und es darauf ankommt, hierüber einen Überblick zu gewinnen, erscheint es in diesem Falle ratsam, das Untersuchungsgebiet nicht zu eng zu fassen. Demzufolge soll unter dem hessischen Ried ein Gebiet gesehen werden, das den zu Hessen gehörenden Teil der oberrheinischen Tiefebene umfaßt, der zwischen Bergstraße und Rhein liegt und seine Gestaltung hauptsächlich durch den Rhein sowie durch die ihm von Osten zugeführten Wasserläufe erhalten hat. Der Einflußbereich des Mains im Norden sowie das höher als 100 m liegende Gelände bei Darmstadt bleibt von dieser Betrachtung ausgenommen.

Das Untersuchungsgebiet nimmt einen Raum von 50 km in der Länge und einer Breite von 10 bis 20 km ein. Verwaltungsmäßig gehören ihm Teile der Kreise Groß-Gerau, Bergstraße und des Landkreises Darmstadt an.

6) PETZINGER 1958, S. 7-8.

A. Die natürlichen Gegebenheiten.

1. Geologische Voraussetzungen.

Das hessische Ried gehört zum Oberrheintalgraben. Dieser ist eine altangelegte Bruchzone. Die größte Einsenkung erfolgte im Eozän/Oligozän, dabei entstanden die meist staffelförmig angelegten Rheintalverwerfungen. In dem Senkungsgebiet wurden mächtige tertiäre Sedimente abgelagert.

Die tektonischen Bewegungen im Oberrheintalgraben setzten sich mit Unterbrechungen bis ins Pleistozän hinein fort; wahrscheinlich sind sie heute noch nicht beendet. Noch im mittleren Pliozän entsprach das Gewässernetz wenig dem heutigen Bild. Das südliche Oberrheintal führte sein Wasser einem Alpenrhein zu, der durch die Burgundische Pforte in das Rhônetal floß. Etwa vom heutigen Kaiserstuhl an erfolgte die Entwässerung nach Norden. Allmählich stellte sich das Gewässernetz infolge der tektonischen Bewegungen um und nahm seit Ende des Pliozäns annähernd den heutigen Verlauf. Seitdem werden mächtige fluviatile Sedimente abgelagert.

Die pleistozänen Ablagerungen haben eine Mächtigkeit von mehreren 100 Metern. Der Schotterkörper der letzten Kaltzeit wurde während des Spätglazials stellenweise von äolischen Sanden überdeckt. In diese Deckschicht sowie in den liegenden würmzeitlichen Schotterkörper schnitt sich der postpleistozäne Rhein ein. Im ausgehenden Glazial und im anschließenden Postglazial erfolgte die Ablagerung von Flußschlick und lehmigem Sand bei Hochwässern. Diese Sedimente bilden neben den Dünenanden das wichtigste Ausgangsmaterial für die heutigen Böden. Die Mächtigkeit des Flußschlicks beträgt meist mehrere Dezimeter, überschreitet aber kaum 1,50 m. Erhebliche Bedeutung kommt den Schlickablagerungen des Neckars zu. Sie zeichnen sich durch ihre besondere Zähigkeit und einen hohen Kalkgehalt aus. Oftmals ist der Kalk an der Basis, d.h. über dem Terrassenkies, als "Rheinweiß" angerei-

chert, dessen Mächtigkeit $1/2$ m erreichen kann⁷⁾. Da sich der postpleistozäne Rhein in diese Ablagerungen einschneidet, liegen die holozänen Sedimente tiefer als die Oberfläche des Schotterkörpers der letzten Kaltzeit. Die holozänen Ablagerungen sind zumeist kalkreich und je nach Gehalt an humosen Stoffen hellgrau, dunkelgrau bis schwarz. An wasserreichen Stellen, besonders im Bereich der alten Rheinmäander, erreicht der Humusgehalt eine beträchtliche Höhe und führt zu Moorbildungen⁸⁾. Der Sandgehalt dieser holozänen Sedimente wechselt stark. Am höchsten ist er in der Nähe des Flusses. Hier lagern auf breiten Flächen feinkörnige Sande, die nur in den tiefsten Stellen mehr oder weniger schlickhaltig sind. Ferner gehören dem Holozän die Ablagerungen der Odenwaldbäche an, die aber nur abgeschwemmtes Material aus dem Odenwald als Schwemmlehme zum Absatz bringen, im ganzen gesehen ist diese Folge weniger bedeutend. Holozänen Alters sind außerdem die im Ried vorhandenen jüngeren Flugsande.

Stellt man in einem Überblick die für die weiteren Untersuchungen wesentlichen pleistozänen und holozänen Ablagerungen im hessischen Ried zusammen, so ergibt sich nachstehende Schichtenfolge:

7) Vgl. hierzu Abschnitt C 2 a) dieser Arbeit.

8) Vgl. Riedroder Bruchgebiet.

Die Grundwasseroberfläche ist jedoch nicht stationär, sondern unterliegt im Laufe der Zeit sowohl kurz- als auch langfristigen Schwankungen. Im Rahmen dieser Untersuchungen wird hierauf noch näher eingegangen.

Im folgenden sollen zunächst Grundwasserleiter, Fließrichtung, Gefälle und Fließgeschwindigkeit sowie chemische Eigenschaften des Grundwassers betrachtet werden. Dabei wird entsprechend DIN 4049 unter Grundwasser "Wasser" verstanden, "das Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und nur der Schwere (hydrostatischem Druck) unterliegt".

a) Die Grundwasserleiter.

Im allgemeinen sind die pleistozänen Ablagerungen nicht einheitlich ausgebildet. Beim Durchteufen der mächtigen Sedimente trifft man häufig tonreiche, wenig wasserdurchlässige Schichten von unterschiedlicher Mächtigkeit an, die die Wasserbewegung beeinflussen. Oftmals handelt es sich dabei um linsenförmige Vorkommen. Sie können das Grundwasser stauen oder seine Versickerung beeinträchtigen und somit zur Ausbildung von Grundwasserstockwerken führen. Ob im hessischen Ried mehrere durchgehende Grundwasserstockwerke ausgebildet sind, ist noch nicht endgültig bewiesen. Wahrscheinlich besitzen diese nur lokale Ausdehnung.

Das Pleistozän, dessen Mächtigkeit, wie Tiefbohrungen ergaben, stark schwankt, ist durch Wechsellagerungen von Sanden, Kiesen sowie Schluffen und Tonen gekennzeichnet; die gröberen Sedimente überwiegen.

Innerhalb des Pleistozäns spielen die würmzeitlichen Sande und Kiese hydrogeologisch als Hauptgrundwasserleiter die größte Rolle. Die holozänen Ablagerungen in den Talauen der Bäche sollen hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden; sie sind auf Grund ihrer ge-

ringen Mächtigkeit und lokalen Ausbildung als Grundwasserleiter von untergeordneter Bedeutung.

Häufig wird im hessischen Ried auch von "Grundwasserströmen" gesprochen. A. STEUER gliedert beispielsweise im rechtsrheinischen Ried auf Grund der geologischen Verhältnisse und dem unterschiedlichen Chemismus mehrere solcher "Ströme" aus: einen im nördlichsten Teil des Rieds (nördlich und nordöstlich von Groß-Gerau), der im wesentlichen in den Terrassenbildungen des Mains liegt, einen an der Ostseite des Rieds, der durch das alte Neckarstromgebiet mit seinen Schottern und Sanden bestimmt wird, und "Grundwasserströme", die von der Einmündung des Modau- und Weschnitztales aus dem Odenwald in die Rheinebene fließen¹⁰⁾. Man wird aber wohl nicht annehmen können, daß es sich um verschiedene, voneinander isolierte Grundwasservorkommen handelt, sondern kann lediglich auf eine verschiedene Herkunft des Wassers schließen.

Wie bereits von KLAAS im Jahre 1886 angedeutet, so wird später auch von A. STEUER in einer Reihe von Veröffentlichungen angenommen, daß der Grundwasserzulauf zum hessischen Ried vorwiegend aus dem Odenwald erfolgt¹¹⁾. Klüfte und Spalten, besonders an Verwerfungen, die den Odenwaldrand begleiten, sollen das hier aufsteigende Wasser dem Ried zuführen. Die gleiche Erscheinung wird auch für die entsprechenden linksrheinischen Gebiete vermutet. STEUER sieht in der Vergrusung, besonders der im Odenwald anstehenden Granite und Diorite und des damit verbundenen großen Hohlraumgehaltes sowie der guten Durchlässigkeit, eine hervorragende Möglichkeit des Sammelns von Wässern. Die am Austritt von Modau und Weschnitz in die Ebene beobachtete hohe Grundwasserhöflichkeit wird durch die von KLEMM nachgewiesene außerordentliche "Zertrümmerung des Gebirges" an dieser Stelle erklärt¹²⁾.

10) STEUER 1909

11) STEUER 1907, S. 135-174 und 1929, S. 21-32

12) KLEMM in STEUER 1909, S. 799 ff.

Der Grundwasserschatz der pleistozänen Ablagerungen wird im wesentlichen durch die atmosphärischen Niederschläge gespeist. Außerdem spielen die Oberflächenwässer für die Grundwasserneubildung eine Rolle. Hinzu kommt noch die Möglichkeit, daß Wasser aus tertiären Grundwasserleitern austreten kann, die das Liegende des Pleistozäns bilden.

b) Fließrichtung, Gefälle und Fließgeschwindigkeit.

Das Grundwasser bewegt sich im hessischen Ried entsprechend dem Gefälle zum Hauptvorfluter im wesentlichen von E nach W. Abweichungen von dieser Fließrichtung finden sich im nördlichsten Teil der Oberrheinebene, wo durch den Main eine SSE-NNW-Komponente hinzukommt sowie im südöstlichsten Teil des Untersuchungsgebietes. Hier tritt im Bereich des Heppenheimer Riedanteils eine SE-NW- bis S-N-Richtung auf. Auf Grund bestimmter geologischer Lagerungsverhältnisse im Untergrund kann sich lokal ebenfalls die allgemeine Fließrichtung ändern; der Gesamtcharakter wird aber dadurch nur wenig beeinträchtigt. Dasselbe trifft auch für die durch unterschiedliche Wasserstände der Vorfluter in Flußnähe zeitlich auftretenden Abweichungen zu.

Das Gefälle der Grundwasseroberfläche liegt zwischen 1:200/300 und 1:2000/3000 mit einem Mittel bei etwa 1:800/1000¹³⁾. Es ist dort am größten, wo Schwemmfächer in die Ebene greifen. Hier kann es, wie auch aus Abb. 10 zu ersehen ist, zu einer für das Grundwasser erheblichen Gefällsverteilung kommen.

Die Fließgeschwindigkeit ist außer vom Gefälle der Grundwasseroberfläche auch noch von der Durchlässigkeit des grundwasserleitenden

13) HOFMANN 1942 und

Erläuterungen zur Hydrogeol. Übersichtskarte
1:500.000, Blatt Stuttgart, 1952, S. 32.

Gesteins abhängig. Sie ist wegen der verschiedenen Gesteinsausbildung ebenfalls nicht einheitlich. HOFMANN gibt für die Fließgeschwindigkeit einen Mittelwert von etwa 0,5 - 2 m/Tag an¹⁴⁾. Die von BERO schätzungsweise angenommene Geschwindigkeit von 12 m/Tag mag nur ausnahmsweise auftreten¹⁵⁾.

c) Chemische Eigenschaften.

Da auch der Chemismus des Grundwassers von vielen Faktoren abhängig ist, wie G. MATTHESS für einen Teil der östlichen Vorderpfalz gezeigt hat¹⁶⁾, sind auch in dieser Beziehung die Unterschiede regional nicht unbeträchtlich. Auf Veranlassung der Wasserwerke wurden im Laufe der Zeit zahlreiche chemische Analysen durchgeführt, wie z. B. vom Wasserwerk der Stadt Worms, auf die hier nur verwiesen werden soll¹⁷⁾. Bei den Wässern des würmzeitlichen Schotterkörpers handelt es sich im wesentlichen um mittelharte bis harte Wässer. Die höchsten Härtegrade, die z. T. sogar über 30° d. H. betragen, sind innerhalb der kalkreichen Neckarschotter zu suchen¹⁸⁾. Das Grundwasser des hessischen Rieds ist auch in weiten Bereichen durch einen mehr oder weniger großen Gehalt an Eisen gekennzeichnet, das - wie beispielsweise beim Wasserwerk Hof Schönauf - mit Hilfe einer Enteisungsanlage entfernt werden muß. Auch Mangan wird teilweise in den Wässern angetroffen¹⁹⁾.

14) HOFMANN 1942

15) BERO 1933, S. 70-80

16) MATTHESS 1958

17) Denkschrift über die neue Grundwasserversorgung der Stadt Worms 1905

18) Die Härte des Wassers wird in ° d. H. angegeben. 1° d. H. entspricht 10 mg/l Kalziumoxyd (CaO) oder einer dieser Menge entsprechenden Menge an Erdalkalioxyden, z. B. 7,19 mg/l Magnesiumoxyd. (vgl. BENDEL 1949, S. 338).

19) Vgl. Erläuterungen zur Hydrogeol. Übersichtskarte 1:500.000, Blatt Stuttgart, 1952, S. 35.

3. Das Oberflächenwasser.

a) Der Oberrhein.

Sein charakteristisches Gepräge erhält das hessische Ried neben dem Grundwasser durch die Oberflächenwässer. Es soll daher hier zunächst das natürliche Erscheinungsbild der oberirdischen Wasserläufe und ihre Eigenschaften betrachtet werden. Dabei interessiert in besonderer Weise der Rheinstrom, der in dem zu untersuchenden Stromabschnitt seine Ursprünglichkeit bis ins 19. Jahrhundert hinein bewahrte und damit weite Teile der Flußniederung seinen wechselhaften Einflüssen aussetzte.

Die den Untersuchungsraum im Westen begrenzende Rheinstrecke gehört zum Oberrhein. Darunter ist diejenige Laufstrecke des Rheins zu verstehen, die sich von Basel, wo der Strom mit scharfer Biegung nach Norden in die weite Ebene eintritt, bis nach Bingen erstreckt. Mit dem Durchbruch durch das Rheinische Schiefergebirge entsteht wieder ein neuer Stromabschnitt²⁰⁾.

In seiner ursprünglichen Ausbildung, d. h. vor der Rheinbegradigung, war der Lauf des Oberrheins verschieden gestaltet; In seinem oberen Teil wies er ein unübersehbares Gewirr von Stromarmen, Kiesgründen und Inseln auf, das eine Breite bis 2 km, stellenweise sogar eine noch größere Fläche, einnahm. Dieser "Wildstromcharakter" des Rheins war etwa bis zur Einmündung der Murg bzw. der Lauter festzustellen. Von hier ab konnte es zur Bildung von Mäandern kommen. Bis nach Oppenheim durchzieht der Strom zum Teil auch heute noch in weiten Windungen die Niederung. Bei Oppenheim vollzieht sich der Übergang zu einem nur sanft gekrümmten Lauf, der sich des öfteren spaltet, so daß zahlreiche langgestreckte Inseln entstehen, die für diese Rheinstrecke charakteristisch sind.

20) Die Frage nach der Abgrenzung der einzelnen Teilstrecken des Rheins wird nicht einheitlich beantwortet. Hier wurde die von LAUTERBORN gegebene Einteilung zugrunde gelegt. (LAUTERBORN 1938).

Die hier geschilderte Verschiedenartigkeit der Laufgestaltung des Oberrheins ist im wesentlichen das Ergebnis des unterschiedlichen Gefälles. Zwischen Hünigen und Altbreisach beträgt es zunächst 0,8 - 0,9 m/km; es verringert sich stromab langsam auf etwa 0,5 m/km bei Kehl. Bis Oppenheim nimmt das Gefälle weiter stetig ab - in der Stromkrümme bei Erfelden liegt der Wert bei 0,04 m/km-, unterhalb Oppenheim dagegen steigt es plötzlich wieder auf 0,10 m/km an. Dieser Gefällsknick ist durch das Auftreten der Nackenheimer Felsenschwelle im Bett des Rheins begründet, die hier eine lokale Erosionsbasis bildet. Weitere Gefällsverteilungen finden sich auch noch im Bereich des Nahegrundes und im sogenannten "Binger Loch".

Das hier behandelte Untersuchungsgebiet hat vornehmlich Anteil an der durch Mäander charakterisierten Strecke des Oberrheins. Die meisten Rheinschleifen hat der Strom bisher auf natürliche Weise abgetrennt. Sie sind der Verlandung verfallen, doch im Landschaftsbild auch heute noch zu erkennen. Zum Teil sind sie zu Altwässern geworden oder zu Lachen und Brüchen mit der ihnen eigenen Vegetation. Oft weisen auch nur Wiesenflächen oder der Verlauf von Gräben, die vorgezeichneten Geländevertiefungen folgen, auf die frühere Existenz eines Mäanders hin.

Von der hessisch-badischen Grenze bis zur Mainmündung sind rechtsrheinisch mit Sicherheit insgesamt 6 jetzt trockenliegende Rheinmäander nachzuweisen, und zwar je einer südlich und nördlich Bürstadt sowie südlich und nördlich Groß-Rohrheim, ein Mäander nördlich Biebesheim und die Schleife zwischen Leeheim und Geinsheim. Hinzu kommt noch der sich von Geinsheim über Trebur, Astheim bis nach Ginsheim entlang streckende Lauf. Drei Stromkrümmen, diejenigen bei Lampertheim, Gernsheim und Stockstadt-Erfelden, sind heute noch wasserführend. Die Schleifen ähneln sich in Form und Größe sehr²¹⁾, lassen sich

21) Vgl. MANGOLD 1892

aber nicht zu einem zusammenhängenden Altlauf vereinigen. Dies spricht für ein verschiedenes Alter der einzelnen Mäander.

Das über lange Zeiträume hinweg andauernde Mäandrieren des Stromes führte zu ständigen Laufverlegungen, damit zu wiederholten Um- und Verlagerungen des Materials und schuf schließlich die breite holozäne Talaue.

Der Übergang von der alluvialen Rheinaue zur Niederterrasse wird durch das sogenannte Hochgestade charakterisiert. Dieses Hochgestade wird von TROLL als Mäanderprallhang gedeutet²²⁾. Die Höhen dieses Hochgestades sind recht unterschiedlich. Während im südlichen badischen Gebiet 5-10 m die Regel sind, erreicht das Hochgestade im hessischen Ried kaum mehr als 1 m Höhe und ist sogar meistens überhaupt nicht mehr nachzuweisen. HONSELL führt diese Erscheinung auf die feste Sohle bei Oppenheim zurück, die es dem Strom aufwärts zunächst nicht gestattete, sich tiefer einzugraben²³⁾. Daß das Hochgestade im Untersuchungsgebiet nur wenig ausgebildet ist, kann seine Erklärung auch in der im Laufe der Zeit erfolgten Überackerung der von vornherein geringfügigen Geländeunterschiede finden. Das Hochgestade war aber in mehr oder weniger guter Ausbildung zwischen Speyer und Oppenheim vorhanden, wurde nur bei Mannheim durch den mächtigen Schwemmfächer des Neckars unterbrochen. Auf Grund dieser Tatsache werden die hier vorhandenen Mäander von TROLL in die Reihe der Talmäander gestellt²⁴⁾.

Über den Charakter des Stromes vor dem Eingriff des Menschen vermittelt HAAS ein anschauliches Bild. Er legt in seiner "militärischen

22) TROLL 1954, S. 297

23) Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse. 1889, S. 64

24) "Talmäander" sind nach TROLL Mäander, "die derart in ein Tal eingeschnitten sind, daß das Tal die Krümmungen des Flusses mitmacht." Sie stehen im Gegensatz zu den "freien Mäandern". Vgl. TROLL 1954, S. 288 u. S. 296-298

Situationskarte" großen Wert auf eine möglichst genaue Darstellung des Gewässernetzes, so daß man nicht nur über den Lauf des Rheins, sondern im besonderen auch über die Breite des Strombettes am Anfang des 19. Jahrhunderts gut unterrichtet wird²⁵⁾. Die Breite unterliegt einem auffallend starken Wechsel: Zwischen 250 m unterhalb Worms und 850 m unterhalb Erfelden sind sämtliche Übergänge vorhanden²⁶⁾. Die hier geschilderten Gegebenheiten mußten zu außerordentlich ungünstigen Abflußverhältnissen führen, die auf Grund des geringen Gefälles des Rheinstromes noch zusätzlich verschlechtert wurden durch die aus dem Odenwald kommenden, in den Rhein mündenden größeren und kleineren Wasserläufe. Im hessischen Ried kam es daher nicht selten zu verheerenden Überschwemmungen.

b) Der Bergstraßen-Neckar.

Neben dem Rhein hat der Neckar einen entscheidenden Anteil an der Gestaltung des hessischen Rieds. Am Ende des Pleistozäns fließt er entlang dem Odenwaldrand und bildet bei Trebur zusammen mit dem Rhein und dem von ENE kommenden Main ein ausgedehntes Flußdelta. Dieser sogenannte "Bergstraßenlauf" konnte durch den riesigen Schwemmfächer entstehen, der vom Neckar beim Eintritt in die Ebene bei Heidelberg aufgeschüttet wurde. Es kam hier durch die andauernde Akkumulation von Sinkstoffen und Geröllen zu zahlreichen Verästelungen und Laufverlegungen und somit auch zu der vorübergehenden NW-Richtung des Flußlaufes. Der Bergstraßen-Neckar folgt vorgezeichneten tektonischen Leitlinien. Auch das Gebiet des Zusammenflusses bei Trebur ist tektonisch vorgebildet; dieses Senkungsgebiet gilt noch heute als ein Erdbebenzentrum. Mit dem Durchbruch bei Seckenheim nimmt der Neckar dann seine bis heute beibehaltene Richtung ein, und fließt

25) Aus den Blättern Oppenheim und Heppenheim wurden der Arbeit Ausschnitte beigegeben (Abb. 1 und 2).

26) Genaue Zahlenangaben sind enthalten in MANGOLD 1892, S. 70

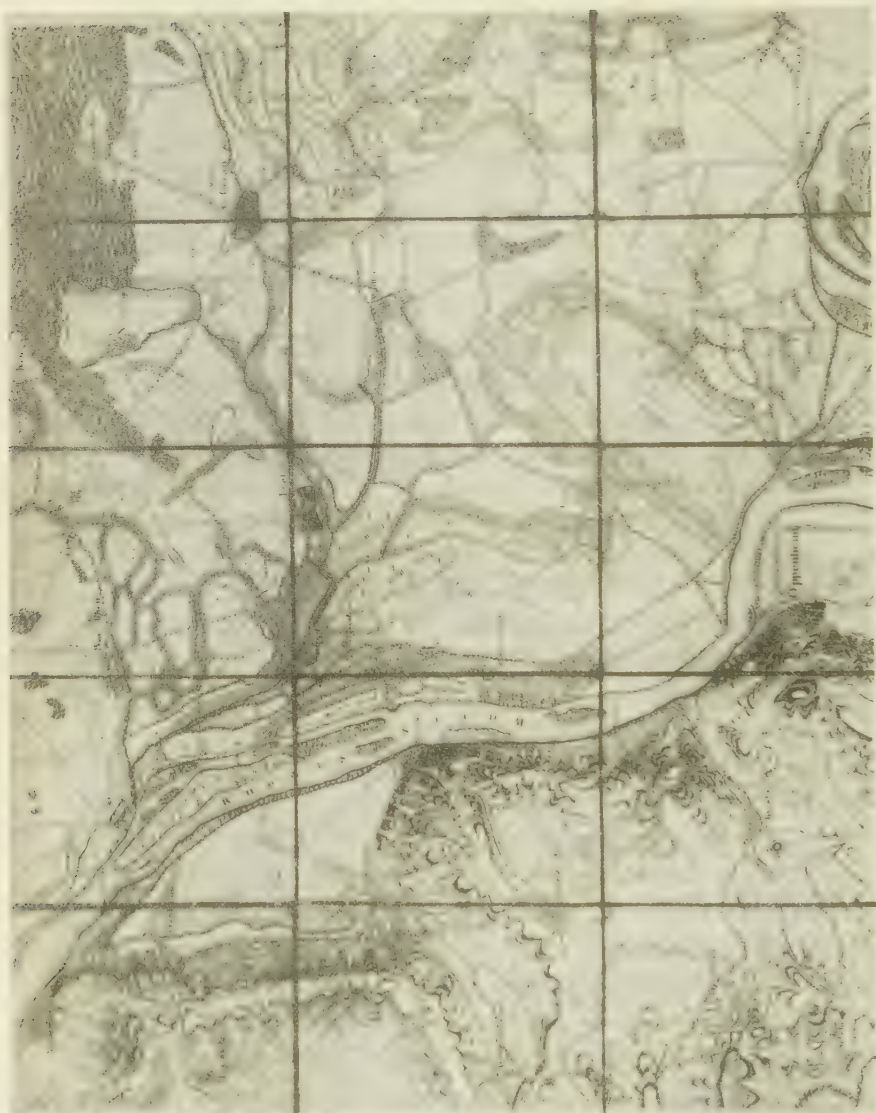


Abb. 1

Ausschnitt aus der "militärischen Situationskarte" von Haas ,
Blatt Oppenheim. - Aufgenommen und gezeichnet zwischen 1788
und 1804. Ungefährer Maßstab der Wiedergabe: 1:80. 000



Abb. 2

Ausschnitt aus der "militärischen Situationskarte" von Haas, Blatt Heppenheim. - Aufgenommen und gezeichnet zwischen 1788 und 1804. Ungefäher Maßstab der Wiedergabe: 1:80.000

seitdem wieder auf dem kürzesten Wege zum Rhein. Diese letzte Laufveränderung muß in der frühen Kiefernzeit erfolgt sein, wie pollenanalytischen Untersuchungen an Torfbildungen zu entnehmen ist, die das Neckarprofil an verschiedenen Stellen abschließen²⁷⁾.

Während der - an geologischen Zeiträumen gemessen - nur kurzen Zeit seines Bestehens hat der Bergstraßen-Neckar des öfteren seinen Lauf verlegt, indem er, ähnlich dem Rhein, hin und her pendelte, neue Mäander schuf und die alten wieder verließ. So kommt es, daß man auch diese, allerdings wesentlich kleineren Krümmungen und Schlingen nicht zu einem einheitlichen Lauf verbinden kann.

Bei Hochwasser konnte es zur Ablagerung von Schlick kommen, der die verlassenen Betten sowie das sie umgebende Gelände erfüllte. Nach dem Durchbruch des Neckars nach Westen wurde das Gebiet des "Bergstraßenlaufes" nicht mehr vom Hochwasser des Neckars erfaßt, da hiermit eine Tieferlegung des neuen Unterlaufes um etwa 2 m verbunden war. Dadurch konnte eine völlig neue Auenfläche westlich von Ladenburg entstehen. Soweit die alten Betten zunächst nicht von den Odenwaldbächen benutzt bzw. von ihnen überschottet wurden, stagnierte in ihnen das Wasser. Hier kam es zu Moor- und Torfbildungen.

Die Breite der alten Neckarbetten schwankt in der Regel zwischen 150 und 250 m. Ihre Uferränder sind dort, wo die Überschlickung nicht zu groß gewesen ist, noch gut erhalten geblieben. Die Böschung ist meist recht steil und erreicht Höhen von $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ m. Die im Landschaftsbild als trockene Rinnen in Erscheinung tretenden alten Arme werden heute noch zeitweise mit Wasser angefüllt; es kann sich dabei einmal um hochstehendes Grundwasser handeln, zum anderen um Niederschlagswasser, dessen vertikale Sickerwasserbewegung auf stark verschlicktem Boden gehemmt ist.

27) Vgl. STREMMER 1955

Um die Darstellung des Bergstraßen-Neckars hat sich HAAS ebenfalls wertvolle Verdienste erworben. Er sah als einer der ersten in den nassen Wiesenschlaufen am Rande der Bergstraße eine Bestätigung für diese Erscheinung und stellte die einzelnen Arme mit der damals möglichen optimalen Genauigkeit dar. Auf seinem an der Wende des 18. zum 19. Jahrhundert entstandenen Kartenwerk ist unter der Bezeichnung "Altes Neckar Uffer" der Verlauf dieses Wasserlaufes sowie auch der bei Trebur erfolgte Zusammenfluß von Rhein, Main und Neckar ausgezeichnet veranschaulicht (siehe Abb. 1).

c) Die Wasserläufe des Rieds.

Das hessische Ried wird von einer Vielzahl vorwiegend kleinerer Gewässer durchzogen. Mit Ausnahme der künstlich angelegten Gräben, die hier zunächst nicht interessieren, haben sie fast alle ihr Ursprungsgebiet im Odenwald. Im Gebirge zeichnet sie ein relativ starkes Gefälle aus, das sich aber mit dem Eintritt in die Ebene rasch vermindert, so daß sie träge dahinfließen. Zum Teil verschwinden diese Wasserläufe sogar ganz in den Flugsanden am Odenwaldrand und treten in westlich gelegenen Geländemulden wieder zutage. Vor dem Entstehen des Bergstraßen-Neckars hatten sich auf Grund der damals starken Wasserführung der "Bäche" mächtige Schwemmfächer beim Austritt in die Ebene bilden können. Sie zwangen dann den Neckar, daran entlang zu fließen. Solange der Bergstraßen-Neckar sein nach NW gerichtetes Bett innehatte, diente er für die vom Odenwald kommenden Wasserläufe als Vorfluter. Später haben sie ihre Schwemmfächer über den alten Neckarlauf breiten können und denselben damit stellenweise überschottet.

Die einzelnen Gewässer spalten sich auf ihrem heute westwärts gerichteten Lauf in einzelne Arme, die in Verbindung mit den im Laufe der Zeit künstlich angelegten Gräben ein recht unübersichtliches Gewässernetz ergeben.

Der bedeutendste Wasserlauf ist die Weschnitz. Wie bei all den anderen innerhalb des Rieds befindlichen Bächen ist ihr Flachlandlauf noch jung. Auch die Weschnitz wurde zunächst vom Bergstraßen-Neckar aufgenommen. Heute benutzt sie nicht den alten verlassenen Neckarlauf, sondern hat sich weiter nach Westen hin ein eigenes Bett gegraben. Die Flugsanddünen des heutigen Lampertheimer und Lorscher Waldes zwangen die Weschnitz zunächst, ihren Weg vom Austritt aus dem Gebirge bei Weinheim nach Norden zu nehmen. Ihr von hier an gespaltenen Lauf vereint sich oberhalb Lorsch wieder und durchbricht nun kurz darauf das Flugsand- und Dünengebiet in westlicher Richtung. Bevor die Weschnitz unterhalb Biblis nach NW abbiegt und schließlich gegenüber von Ibersheim in den Rhein mündet, benutzt sie ein altes verlandetes Rheinbett.

Die Weschnitz hat ein Niederschlagsgebiet von 415 km^2 ²⁸⁾ und eine Länge von etwa 56 km, wovon rund $\frac{2}{3}$ auf den Lauf in der Ebene entfallen. Das Gefälle dieses Wasserlaufes ist im Gebirge außerordentlich steil, es beträgt unmittelbar nach der Quelle 96 - 74 ‰ und vermindert sich dann auf Grund der Vielgestaltigkeit der morphologischen Talausbildung recht ungleichmäßig. Beim Durchbruch durch die Randschollen des Gebirges sind immer noch etwa 12 ‰ festzustellen. Von hier an verflacht sich die Gefällskurve sehr stark. Werden unterhalb Weinheim noch über 1 ‰ festgestellt, so treten nach Verlassen des eigenen Schwemmfächers minimale Werte von unter 1 ‰ auf, die sich für den von der Weschnitz beeinflussten Riedanteil außerordentlich ungünstig auswirken. Besonders nachteilig machen sich zusätzlich die Schlammlagerungen im Flußbett bemerkbar. Das stark verminderte Gefälle läßt beim Eintritt in die Ebene die mitgeführten Gerölle und Sinkstoffe zum Absatz kommen. Sie führen zu einer Sohlenhebung, verschlechtern damit den Abfluß weiterhin und erhöhen die Hochwasser-

28) Vgl. BERG 1960

und Überschwemmungsgefahr. Allein im Beobachtungszeitraum von 27 Jahren (von 1930 bis 1956) wurde am Pegel Lorsch (Wattenheimer Brücke) der Wasserstand

von 150 cm	19 mal,
von 200 cm	11 mal
und von 250 cm	3 mal überschritten.

Die Modau hat ihren Ursprung im nordwestlichen Teil des Odenwaldes. Sie tritt bei Darmstadt-Eberstadt in die Ebene ein, durchfließt das hessische Ried in fast westlicher Richtung und entwässert oberhalb Stockstadt in den Altrhein. Ähnlich wie bei der Weschnitz ist auch ihr Lauf in zwei Arme gespalten, die sich allerdings nicht wieder vereinigen. Der an der Gemarkungsgrenze Eberstadt-Pfungstadt abzweigende Wasserlauf wird bis zum Philipppshospital als Sandbach bezeichnet, mündet dann aber unter dem Namen Schwarzbach zwischen Stockstadt und Erfelden ebenfalls in den Altrhein. Insgesamt wird ein Niederschlagsgebiet von 242 km^2 erfaßt, das 33 km^2 des Sandbach-Schwarzbachs einschließt²⁹⁾. Das Gefälle der Modau ist im Oberlauf nicht ganz so beträchtlich wie das der Weschnitz, es beträgt maximal etwa 20 ‰. Bei der Abzweigung des Sandbachs hat es sich auf 1 ‰ herabgemindert und ermäßigt sich von hier an weiter bis auf 0,3 ‰. Diese Gefällsverhältnisse beeinflussen aber den Abflußvorgang ebenfalls sehr nachteilig, führen zu Wasserstau und den damit verbundenen Begleiterscheinungen. Auch hier kommen - wie bei der Weschnitz - noch Sohlenerhöhungen durch Akkumulationen im Flußbett hinzu, worüber bereits WENCK berichtet³⁰⁾:

"Die Modau bringt jährlich eine große Menge Trub aus den Gebürgen und setzt ... bei gemindertem Gefälle immerzu neues Erdreich an."

29) Vgl. BERG 1959.

30) WENCK 1799, S. 9.

Der nördliche Teil des hessischen Rieds wird durch den Schwarzbach mit seinen zahlreichen Quell- und Nebenbächen entwässert³¹⁾. Das Einzugsgebiet des Schwarzbachs, das über 500 km² groß ist, erstreckt sich weit nach Osten. Die einzelnen Wasserläufe, die sich dann zum Schwarzbach vereinigen, entspringen zu einem wesentlichen Teil im sogenannten Messeler Hügelland, einem flachwelligen bis hügeligen Gelände, das dem kristallinen Odenwald im Nordwesten vorge-lagert ist. Der Gundbach, als eigentlicher Oberlauf des Schwarzbachs angesehen, hat sein Quellgebiet sogar in dem wenig höher als das eigentliche Ried gelegenen Waldgebiet nordöstlich von Walldorf. Mit geringem Gefälle durchfließen die Gewässer besonders tiefliegende Teile der Niederung und bedingen bei hohen Niederschlägen außer-ordentlich ungünstige Abflußverhältnisse, die durch die hier vorhan-denen hohen Grundwasserstände zusätzlich verschlechtert werden. Der Schwarzbach ist außerdem noch den Rückstauwirkungen vom Rhein her ausgesetzt, in den er bei Ginsheim mündet.

Von den übrigen das hessische Ried durchquerenden Bächen sei nur noch der Winkelbach namentlich angeführt, der für einen Teil des südlichen Rieds als Vorfluter dient und bei Gernsheim in den Strom entwässert.

Es ist eine für das hessische Ried besonders typische Erscheinung, daß die hier genannten etwas größeren Wasserläufe sowie auch die kleinen Bäche des Rieds auf Grund ihres geringen Gefälles in der Ebene nicht in der Lage sind, das vom Gebirge kommende Wasser rasch genug zum Hauptvorfluter weiterzuleiten. Dies führt bei den ohnehin hohen Grundwasserständen auch schon bei normaler Wasser-führung zu zahlreichen Vernässungs- und Versumpfungerscheinungen, die eine Entwässerung des Rieds auf natürlichem Wege hemmen oder ganz unmöglich machen.

31) Dieser Schwarzbach darf nicht mit dem von der Modau abzwei-genden als "Sandbach-Schwarzbach" bezeichneten Arm verwechselt werden (vgl. S. 29).

4. Die Bodenverhältnisse.

Infolge des wechselnden geologischen Aufbaus sind auch die Bodenverhältnisse sehr uneinheitlich.

Die Bodenarten zeigen sämtliche Übergänge von den schweren Tonen bis zu den leichten Sanden, und zwar sowohl in ihrer räumlichen Verbreitung als auch in ihrem Profilaufbau³²⁾.

Auch die Bodentypen variieren erheblich. Ein großer Teil der Riedböden wird in seiner Dynamik durch hochstehendes Grundwasser bestimmt. Im Untersuchungsgebiet konnte es daher zur Ausbildung von mineralischen Grundwasserböden kommen: Gleyen, Anmoorgleyen und Auenböden. Die Gleye und Anmoorgleye besitzen ein A - Go - Gr - Profil³³⁾, die Anmoorgleye sind jedoch humusreicher und haben einen besser entwickelten A-Horizont. Die Auenböden zeichnen sich gegenüber den Gleyen durch einen beträchtlich tiefer liegenden Grundwasserspiegel aus. Diese hier beschriebenen Bodentypen, die selbstverständlich in mehreren Subtypen und Varietäten auftreten können, trifft man vorwiegend in der jungen holozänen Talaue des Rheins und in den Tälern der Bäche sowie im Gebiet des ehemaligen Neckarlaufes am Odenwaldrand an. Stellenweise treten im alten Neckarlauf und auch in alten Rheinschlenken Niederungsmoore auf. Ihre größte Fläche nehmen diese Moore zwischen Trebur und Griesheim ein, hier wurden die allerding nur relativ gering mächtigen Torflager ausgebeutet.

Große Verbreitung besitzen im Untersuchungsgebiet auch Braunerden und Parabraunerden, die sich vorwiegend auf den Flächen der pleistozänen Ablagerungen entwickeln konnten. Auf den teils tonigen, teils sandigen Lehmen konnten tiefgründige, meist kalkhaltige Böden hoher Basensättigung entstehen. Auch diese Böden sind in einigen Varianten

32) Vgl. hierzu die Luftbilddaufnahmen (Abb. 21, 22) sowie die Profile der einzelnen Grundwasser-Beobachtungsbrunnen (Anlagen 1-21).

33) Vgl. hierzu Abschnitt C 2 a) dieser Arbeit.

vorhanden. So kann z. B. das "Rheinweiß" die Wasserzirkulation im Boden sehr nachteilig beeinflussen.

Auf den Sandböden des Rieds haben sich ähnliche Bodentypen ausgebildet. Meist handelt es sich hier aber um Böden, die nur eine geringe Basensättigung aufweisen und die mehr oder weniger podsoliert sein können. Bei den zu Dünen aufgewehten Flug- und Terrassensanden, die im wesentlichen in einem Gebiet südlich bzw. südwestlich von Darmstadt anzutreffen sind, fehlt eine tiefer reichende Bodenbildung; die Böden sind daher nur schwach bis mäßig entwickelt. Diese Dünensande werden zumeist nur von anspruchslosen Kiefern bestockt, zumal auch die Grundwasseroberfläche weit unter der Geländeoberfläche liegt. Entsprechende Böden sind auch auf den Sanden und lehmigen Sanden des Lorscher bzw. Lampertheimer Waldes verbreitet. Die hier vorkommenden Böden besitzen jedoch einen verhältnismäßig günstigen Nährstoffgehalt. Die Nutzung ist stark von der Lage der Grundwasseroberfläche unter Flur abhängig. Im Gegensatz zu den Dünen in der Nähe von Darmstadt kann das Grundwasser hier an vielen Stellen von den Baumwurzeln erreicht werden. Neben Kiefern gedeihen daher auch anspruchsvollere Laubhölzer, wie Eiche und Buche. Das hochstehende Grundwasser kann stellenweise sogar zur Ausbildung von G-Horizonten im Bodenprofil führen.

Entsprechend den starken Bodenunterschieden variieren auch die Bodenwerte, die auf einer "Schätzung des landwirtschaftlich genutzten Bodens" beruhen und ein gutes Spiegelbild der komplizierten und mannigfaltigen Bodenverhältnisse des hessischen Rieds ergeben ³⁴⁾.

34) SCHÖNHALS 1953, S. 333-339.

Vgl. hierzu auch Abschnitt C 3 dieser Arbeit.

5. Klimatologischer Überblick.

Klimatisch gehört das Untersuchungsgebiet dem südwestdeutschen Klimaraum an, in dem milde Winter und warme Sommer vorherrschen und die Niederschlagsmengen je nach Lage der einzelnen Landschaften beträchtlich schwanken können³⁵⁾. Das hessische Ried hat innerhalb dieses Klimaraumes Anteil an den Klimabezirken des Rhein-Main-Gebietes und der Oberrheinebene, die durch besonders hohe Durchschnittstemperaturen und außerordentlich geringe Niederschläge gekennzeichnet sind. Nur am östlichen Rand, wo sich der Übergang zu den Höhen des Odenwaldes vollzieht, verändert sich dieser gemäßigt-kontinentale Charakter zugunsten eines mehr maritimen.

Die Temperatur des hessischen Rieds liegt im Mittel der Jahre über 9°C ; die Winter sind mild, nur selten wird das Januar-Monatsmittel von 0°C unterschritten. Die mittlere Zahl der Frosttage³⁶⁾ ist sehr gering, wenn auch im Ried, etwas häufiger als an der benachbarten Bergstraße, Bodenfröste auftreten, die durch Temperaturinversionen und Nebel bedingt sind. Während der Vegetationsperiode (Mai bis Juli) werden im Durchschnitt Temperaturen von über 16°C , im Juli von über 18°C gemessen. Damit gehört das hessische Ried - einschließlich der Mainniederung und den westlich vom Rhein gelegenen Teilen der Oberrheinebene - zu den wärmebegünstigsten Bereichen Mitteleuropas.

Die von W, besonders SW hereingeführten Luftmassen werden an den westlich vorgelagerten Höhenzügen, insbesondere am Pfälzer Wald, zur Kondensation gezwungen und können sich hier abregnen. Dadurch liegt das gesamte Ried im Regenschatten. Erst am Odenwaldrand kommt

35) Vgl. Klima-Atlas von Hessen 1950, Karte 75.

36) Bei den "Frosttagen" liegt nur das Tagesminimum unter 0°C , das Tagesmaximum dagegen darüber. Im Gegensatz dazu stehen die "Eistage", bei denen der Tageshöchstwert unter 0°C bleibt.

es erneut zu Steigungsregen. Diese Tatsache geht auch eindrucksvoll aus den von FLOHN entworfenen Karten der Stau- und Föhngebiete in Mitteleuropa bei SW-NW-Strömung hervor³⁷⁾.

Über die Niederschlagsmengen des hessischen Rieds im Vergleich zu denen des Odenwaldes gibt am besten eine Aufstellung der durchschnittlichen Jahresmittel verschiedener Stationen Auskunft:

Station	Höhe über NN	Winter mm	Sommer mm	Jahr mm	Beobachtungsdauer
Groß-Gerau	89	223	341	564	über 50 Jahre
Viernheim	100	264	392	656	über 30 Jahre
Darmstadt- Rosenhöhe	180	282	401	683	über 60 Jahre
Bensheim	102	309	429	738	über 60 Jahre
Mörlenbach	177	388	473	861	über 20 Jahre
Lindenfels	363	508	539	1047	über 50 Jahre ³⁸⁾

Die auf den Höhen des Odenwaldes gemessenen Niederschlagssummen betragen demnach fast das doppelte der in der Ebene registrierten Werte. Das ist für die Grundwasserbildung von entscheidender Bedeutung.

Ein recht instruktives Bild erhält man durch den mittleren Trockenheitsindex. In ihm sind Temperatur und Niederschlagsverhältnisse zusammengefaßt. Der Trockenheitsindex wird nach DE MARTONNE durch die Formel $\frac{n}{t + 10}$ berechnet. Dabei ist n die mittlere jährliche Niederschlagssumme in mm, t die mittlere jährliche Lufttemperatur in °C und 10 ist eine Konstante. Auf Grund dieser später erweiterten Formel wurden von BROSE die Trockenheitsindizes für Hessen errechnet³⁹⁾. Das

37) FLOHN 1954

38) Vgl. Gewässerkundliches Kartenwerk Hessen, Teil 1, 1959.
Es wurden Abflußjahre zugrunde gelegt.

39) Vgl. hierzu Klima-Atlas von Hessen 1950, Karte 53.

hessische Ried hat nach diesen Berechnungen einen mittleren Trockenheitsindex von 20 bis 25 im westlichen Teil, der nach Osten hin bis 30 ansteigt. Dies sind die niedrigsten Werte Hessens, die nur noch in der Mainniederung südlich von Schweinfurt erreicht werden. Auf den Höhen des Odenwaldes liegt der mittlere Trockenheitsindex bei 70.

Die bevorzugte Lage des Rieds ersieht man auch aus den phänologischen Karten, wie sie von SCHNELLE veröffentlicht wurden⁴⁰⁾. Nach den langjährigen Beobachtungen, die bis zum Beginn unseres Jahrhunderts zurückreichen⁴¹⁾, liegt der Eintritt des Frühlings im hessischen Ried zwischen dem 25. und 30. April und damit nur wenige Tage später als an der besonders begünstigten Bergstraße. Auf den Höhen des Odenwaldes hält dagegen der Frühling erst etwa 14 Tage später seinen Einzug. Der Vorsprung der Rheinebene gegenüber den benachbarten Gebirgen läßt sich auch bei den übrigen phänologischen Daten beobachten. Der Beginn der Winterroggenblüte z. B., die im Untersuchungsgebiet am 24. Mai einsetzt, liegt im Bergland etwa 2 Wochen später; bei der Ernte vergrößert sich der Unterschied sogar bis auf 20 Tage.

Das hessische Ried vor dem Eingriff in den Wasserhaushalt.

Die hier geschilderten natürlichen Gegebenheiten prägten einen ganz bestimmten Landschaftscharakter, den Wilhelm Heinrich RIEHL sehr treffend zu skizzieren verstand: "Es ist keine jener schönen Rheingegenden, die man auf Rouleaux und Dessertteller malt, sondern eine weite, scheinbar langweilige Fläche; für den Künstler würde sie jedoch bedeutende Motive bieten zu einer charaktervollen und großstilisierten Komposition."⁴²⁾

40) Vgl. Klima-Atlas von Hessen 1950, Karten 67-74.

41) Vgl. IHNE 1911.

42) RIEHL 1892, S. 323.

Es wurde gezeigt, daß das Hauptgestaltungselement dieser Landschaft von jeher das Wasser war, und zwar die oberirdischen Gewässer und das Grundwasser. Der sehr häufige Wasserüberschuß gab sogar Veranlassung, von den "Hessischen Pontinischen Sümpfen im Ried" zu sprechen. Dieser Wasserüberschuß wurde einmal hervorgerufen durch hochstehendes Grundwasser, das besonders im Bereich der alten verlassenen Wasserläufe des Rheins, Mains und des Neckars zur Entstehung von Sümpfen und Mooren führte und damit Mückenbrutstätten schuf, zum anderen durch die Überschwemmungen des Rheins und der Riedbäche. Die ungebändigten Wasserläufe konnten weite Flächen der Niederung überspülen. WENCK beschreibt die Ausmaße der Überschwemmungen besonders treffend⁴³⁾:

"Der Rhein hat zu allen Zeiten die Geographie seiner anliegenden Länder nicht wenig beherrscht. Er setzte die jetzige, ehemals zum Elsaß gehörige, Stadt Alt-Breisach von dem linken Ufer aufs rechte, umgekehrt die Dörfer Oppau und Edigheim, unweit Mannheim, von dem rechten Ufer auf das linke, wühlte sich hier und da ein neues Flußbett und spülte Dörfer und Höfe weg, die seinem Zug entgegenstanden."

Allerdings hat man schon sehr früh versucht, das Ausufern des Stromes auf einen bestimmten begrenzten Raum zu beschränken und Hochwasserdeiche geschaffen, so daß man sehr weit zurückgehen mußte, um eine völlig von Menschenhand unberührte Stromlandschaft vorzufinden. Der Erfolg der ersten menschlichen Bemühungen war aber sehr gering. Die zahlreichen landseits der Dämme vorhandenen, mit Wasser gefüllten "Löcher" geben ein be-
redtes Zeugnis ab von den wiederholten Dammbrüchen. Es handelt sich dabei um Kolke, die beim Durchbrechen der Dämme entstehen konnten. Ihr Ursprung geht auf verschiedene Hochwässer zurück. So

43) WENCK 1799, S. 22

wird das "Geilsbruderloch", an der Deichstrecke Erfelden-Kammerhof gelegen, bereits 1526 erwähnt⁴⁴⁾, das etwa 1 km davon entfernte "Neujahrsloch" ist dagegen noch jung; es entstand erst durch die Hochflut an der Wende 1882/83. In den einzelnen Kirchenbüchern, insbesondere in denjenigen von Stockstadt und Dornheim, sind aufschlußreiche Berichte über die einzelnen Katastrophenhochwässer enthalten, auf die hier verwiesen werden soll.

Die Überschwemmungsfläche wurde häufig auch noch durch an die Oberfläche gedrücktes Grundwasser, sogenanntes Qualmwasser, vergrößert, so daß oft weit größere Flächen unter Wasser standen, als der Strom erreichen konnte.

Wurden die innerhalb des Rieds gelegenen Ländereien nur bei Katastrophenhochwässern überschwemmt, so waren die ufernahen Landstriche jahrein-jahraus, einmal mehr - einmal weniger, Überflutungen und damit der Sedimentation ausgesetzt. Die Nutzung der holozänen Talaue geschah demzufolge fast ausschließlich in Form von Wald, Wiese und Weide. Bei normalen Hochwässern waren die Schäden nur gering. Soweit die Heuernte nicht in Gefahr geriet, wurden die kleineren Überschwemmungen von der Bevölkerung sogar begrüßt, da durch die Zufuhr organischer und besonders mineralischer Bestandteile eine regelrechte Düngung erfolgte.

Ebenso wie das Ried häufig zu feucht war, litt es von jeher aber auch unter Trockenheit. Traten eine Reihe besonders niederschlagsarmer und heißer Jahre auf, wurde der fruchtbare Auenboden hart und rissig; die Wiesen gaben nur geringe Erträge ab. Bei den im Bereich der pleistozänen Ablagerungen gelegenen Lehm- und besonders lehmigen Sandböden haben die Trockenjahre erst recht negative Folgen für die Kulturen, besonders dort, wo infolge eines auch in normalen Jahren

44) Vgl. WEINHEIMER 1958b, S. 302.

tiefer liegenden Grundwasserspiegels die Pflanzen ihren Wasserbedarf vorwiegend aus den Niederschlägen decken müssen.

Das hessische Ried wird aber nicht nur durch das zeitliche Nacheinander der Erscheinungen trockener und feuchter Jahre charakterisiert, sondern auch durch ein räumliches Nebeneinander feuchter und trockener Landschaftselemente, das einmal aus der stark differenzierten Bodenstruktur, zum anderen aus den verschiedenen Wasserverhältnissen resultiert.

Für die flußnahe Landschaft ist der Auenwald typisch. Er begleitete den Rhein allerdings auf der Untersuchungsstrecke auch vor dem menschlichen Eingriff in den Wasserhaushalt nicht überall. Nur im Bereich der weiten Mäanderbogen, wie bei Lampertheim, Gernsheim und besonders am Kühkopf, ist der Auenwald schon immer großflächig vorhanden gewesen. Von Breisach bis zur Neckarmündung hat der Auenwald stets eine wesentlich stärkere Verbreitung eingenommen.

Der im Überschwemmungsbereich liegende schwere, zähe und an Mineralstoffen reiche Boden gibt vor allem einen günstigen Standort für die Eiche ab, und zwar vornehmlich für die Stieleiche, die mehr Wasser vertragen kann als die ihr verwandte Traubeneiche. Weitere typische Vertreter sind in der Oberschicht des Auenwaldes aber auch Silber-, Zitter- und Schwarzpappel sowie Ahorn, Esche, Ulme und Erle. Die Strauchschicht wird im wesentlichen aus Hasel, Weide, Schneeball, Faulbaum und Pfaffenhütchen gebildet, hinzu treten Sanddorn, Liguster und *Myricaria germanica*⁴⁵⁾. Besonders typisch ist für den nicht vom Menschen veränderten Auenwald das Auftreten von Schlingpflanzen. Wilder Hopfen, Waldgeißblatt und die dicken Seile der Waldreben können die Bestände so "verspinnen", daß ein Vergleich mit den tropischen Wäldern naheliegt. Die Bodenflora des Auenwaldes be-

45) Vgl. HUECK o. J., S. 113.

steht vor allem aus großblättrigen und hochstengeligen Kräutern und Stauden sowie hohen Gräsern und einer reichhaltigen Blütenpflanzenvegetation⁴⁶⁾.

Eine völlig andere Vegetationsbedeckung trifft man auf den Sandflächen im Ried an. Nur hier und da, bei günstigerem Nährstoff- und Wasserhaushalt, sind in den hier stockenden Kiefernwald einige Laubhölzer eingestreut, so z. B. Stieleichen sowie Rot- und Weißbuchen.

Die Strauchschicht dieser Formation ist lockerer; sie setzt sich vorwiegend aus Hasel, Kreuzdorn, Weißdorn, Berberitze und Schlehe zusammen, und auch die Krautschicht weicht in ihrer Zusammensetzung wesentlich von derjenigen des Auenwaldes ab. Sie ist in ihrer Ausbildung stark vom Kalkgehalt und dem Durchlichtungsgrad abhängig. Letzterer ist auch für die Bodenschicht entscheidend, in welcher das Auftreten der für die Kiefernengesellschaft typischen Moose von einer bestimmten Dichte der Bestände abhängt.

Soweit die holozäne Talaue nicht von Resten des Auenwaldes eingenommen wird, breiten sich weite Wiesenflächen aus, deren Feuchtigkeitsgrad je nach Höhenlage und Entfernung von den Wasserläufen stark schwanken kann. Diese Tatsache läßt in Verbindung mit den unterschiedlichen Bodenverhältnissen und den besonderen klimatischen Gegebenheiten einen außerordentlichen Reichtum und eine starke Mannigfaltigkeit der Riedflora zu, die SECRETAN im Generalkulturplan für das hessische Ried im einzelnen genau beschrieben hat⁴⁷⁾.

Besonders reizvoll ist die Wasserflora mit ihren schwimmenden Vertretern, die sich überall dort einstellt, wo Tümpel, Lachen und Altwässer zu finden sind. An den Rändern dieser offenen Wasserflächen,

46) Eine detaillierte Beschreibung dieser Blütenpflanzenvegetation gibt HUECK o. J., S. 110-117.

47) SECRETAN 1929, S. 32-43.

in Sümpfen und Mooren treten unter anderem Seggen sowie Schilfrohr auf. Dieses Schilf ist wegen seiner mächtigen Bestände zu einer Charakterpflanze des Rieds geworden. Die Namen vieler Flure und Wege, wie "Rohrlache", "Das Rohr", "Rohrweg" sowie auch die Orte Groß- und Klein-Rohrheim deuten auf die große Verbreitung dieser Pflanze hin und damit gleichzeitig auch auf die weite Teile des Rieds charakterisierenden zu feuchten Landstriche. - Erreicht der Grundwasserspiegel nicht ganz die Erdoberfläche, so treten Binsen und andere Sauergräser in Erscheinung, die dann bei weiterer Entfernung von Grundwasser von einer üppigen Grasvegetation abgelöst werden, welche nach SECRETAN vorwiegend aus Molinia- und Phalarisgesellschaften besteht. Schließlich wird das Aufkommen tiefwurzelnder Leguminosen typisch, die bei einem gewissen Trockenheitsgrad in einer selten anzutreffenden Üppigkeit und einem großen Artenreichtum im Ried gedeihen können. Diese Leguminosen sind in der Lage, auch auf trockenere Standorte vorzudringen, wo eine spärlichere, meist durch den Schafschwingel charakterisierte Wiesengesellschaft vorherrscht.

Die trockenen, höher gelegenen und außerhalb des Überschwemmungsbereichs befindlichen Ländereien wurden schon vor dem menschlichen Eingriff in den Wasserhaushalt ackerbaulich genutzt. Der Ackerbau beschränkte sich jedoch vorwiegend auf die Gebiete der pleistozänen Flußablagerungen, deren Böden - besonders bei einem reichlicheren Gehalt an sandigen Komponenten - nicht allzu schwer zu bearbeiten waren. Auch die innerhalb der holozänen Talaue befindlichen Böden aus sandigem Rheinschlick wurden teilweise unter den Pflug genommen, obwohl die Bewirtschaftung dieser Flächen immer mit einem Risiko verbunden war. Der noch ungenügende Hochwasserschutz konnte hier erhebliche Schädigungen zulassen.

Über die Verteilung von Wald, Sumpfland, Wiese bzw. Weide und Ackerland im hessischen Ried vor den größeren Wasserhaushaltsveränderungen gibt das bereits erwähnte HAAS'sche Kartenwerk den besten Überblick, auch wenn die Darstellung im allgemeinen nicht maßstabsgetreu ist (Abb. 1 und 2). Was SCHREPFER 1935 schreibt, trifft, wie man daraus ersieht, auch schon für das Erscheinungsbild des Untersuchungsgebietes zu, wie es sich an der Wende des 18. zum 19. Jahrhundert, also vor den entscheidenden Eingriffen in den Wasserhaushalt darbot, wenn sich seitdem auch wesentliche Verschiebungen innerhalb der Flächennutzung des Gesamttraumes ergeben haben: "Das hessische Ried . . . zeigt mit seinem unvermittelten Nebeneinander von Sumpfland und Trockenland, Fruchtländ und Ödland, Auwald und Kiefernheide, Wildnis und hochentwickelter Kulturlandschaft die lebhaftesten Gegensätze auf engem Raume"⁴⁸⁾.

48) SCHREPFER 1935, S. 510.

B. Die künstlichen Eingriffe in den Wasserhaushalt des hessischen Rieds.

1. Die Veränderungen am Rheinlauf.

a) Dammbauten.

Es wurde bereits erwähnt, daß die ersten Maßnahmen zur Verbesserung der ungünstigen Wasserverhältnisse im hessischen Ried in der Errichtung von Dämmen bestanden, wodurch zunächst einmal den oft verheerenden Überschwemmungen Einhalt geboten werden sollte.

Wann die erste Anlage von Deichen erfolgte, ist nicht bekannt. Es steht lediglich fest, daß sich das früheste Deichsystem "von Poppenheim⁴⁹⁾ und Erfelden bis Nierstein gegenüber"⁵⁰⁾ erstreckte und "vom Rhein mehrfach durchbrochen"⁵⁰⁾ wurde ... Im Jahre 1433 kam es auf Veranlassung des Grafen Johann von Katzenelnbogen in Gemeinschaft mit den Bürgern und dem Rat der Stadt Oppenheim, mit dem Abt des Klosters Eberbach sowie einer Anzahl rechts- und auch linksrheinischer Ortschaften zu einem Beschluß, der vorsah, diesen Deich wiederherzustellen und auch für seine Erhaltung zu sorgen. Die Kosten hierfür hatten alle ohne Ausnahme zu tragen, deren Höfe, Äcker, Weiden etc. durch diesen Deich geschützt wurden. Bis zum 17. Jahrhundert haben die Dammbauten laufend eine Erweiterung erfahren, so daß bereits zu diesem Zeitpunkt fast die gesamte hessische Rhein-strecke eingedeicht war. Allerdings wiesen diese Anlagen im Vergleich zu den heute vorhandenen Dämmen eine wesentlich geringere Höhe und Stärke auf, die, wie bereits berichtet wurde, die angrenzenden Ländereien nicht vor den Folgen der Katastrophenhochwässer bewahren konnten.

49) Die Siedlung Poppenheim oder Popfenheim hat ursprünglich westlich von Erfelden am Altrhein gelegen und ist durch den Rhein zerstört worden. (Vgl. WAGNER 1862).

50) WENCK 1799, S. 22.

Das lückenlose einheitliche Dammsystem, das man noch heute vorfindet, wurde erst am Anfang des 19. Jahrhunderts fertiggestellt (Abb. 3). Veranlaßt durch die Hochflut an der Wende 1882/83 wurde lediglich eine weitere Erhöhung und Verstärkung des Landdeiches vorgenommen, der seit dieser Zeit eine Höhe von durchschnittlich 6,5 m aufweist⁵¹⁾.

Das Dammsystem besteht aber nicht nur aus den hier beschriebenen "Landdeichen" oder "Winterdämmen", sondern außerdem aus "Sommerdämmen", die eine viel geringere Höhe haben und in ihrer Anlage wesentlich jünger sind. Sie werden erstmalig im 17./18. Jahrhundert erwähnt⁵¹⁾. Haben die Landdeiche die Aufgabe, jegliche Überschwemmungen vom Binnenlande fernzuhalten, so dienen die Sommerdämme dazu, die zwischen Rhein und Landdeichen befindlichen Teile der Niederung vor sommerlichen Überflutungen zu bewahren. Darüber hinaus halten sie aber auch größere Wassermassen von den Winterdämmen fern, eine Tatsache, die sich besonders bei den letzten großen Überflutungen des Jahres 1955 günstig auswirkte.

b) Die Rheinkorrektion.

Von einer durchgreifenden Veränderung des Wasserhaushalts durch künstliche Maßnahmen kann man erst seit der großen Korrektur des Oberrheins sprechen. Obwohl die Notwendigkeit einer Begradigung des "Wildstromes" schon früh erkannt wurde, fehlte doch infolge der Vielzahl der Hoheitsgebiete bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts ein Plan, der es erlaubte, die gesamte Strecke des Oberrheins nach einheitlichen Gesichtspunkten zu korrigieren. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden zwar schon vereinzelte Durchstiche vorgenommen sowie manche Schutzbauten am Strom errichtet, doch riefen diese einseitigen Maßnahmen an den

51) Vgl. WEINHEIMER 1958a, S. 294-301.

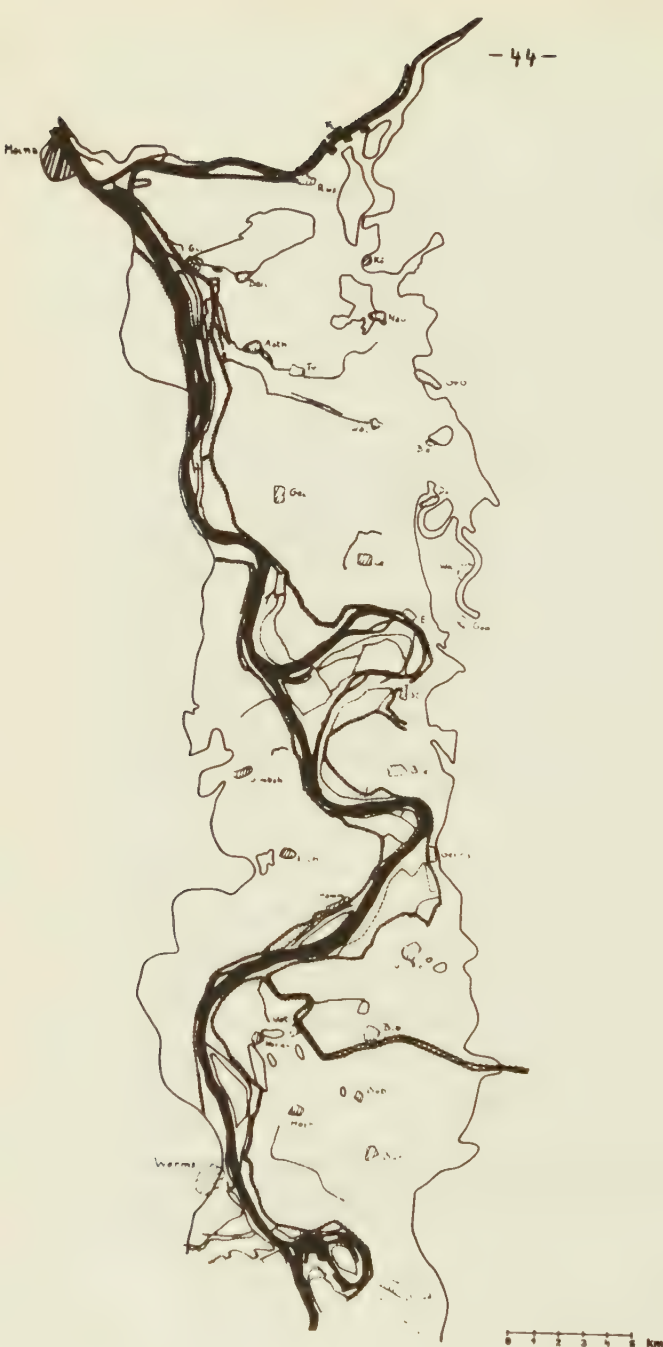


Abb. 3

Das
Dammsystem der
nördlichen
Oberrheinebene
und das
natürliche
Überschwemmungs-
gebiet

(nach einer Karte
des Überschwem-
mungsgebietes aus
dem Jahre 1891)

stark ausgezogen = Winterdämme (Landeiche)
schwach ausgezogen = Sommerdämme

benachbarten Stromstrecken zumeist so große Schäden hervor, daß man hier wieder zu einzelnen Arbeiten gezwungen war, die im ganzen gesehen eher eine Verschlechterung als eine Verbesserung der Abflußverhältnisse herbeiführten. Erst nach den zwischen Baden und Bayern erzielten Übereinkünften von 1817, 1825 und 1832 sowie durch den zwischen Frankreich und Baden zustandegekommenen Vertrag von 1840 konnte mit der "Rektifikation des Rheins" nach den einheitlich aufgestellten Plänen des badischen Obersten und Oberbaudirektors Johann Gottfried TULLA (1770-1828) begonnen werden. Diese Pläne umfaßten die Stromstrecke von der schweizer Grenze bei Hünningen bis zur Grenze des damaligen Großherzogtums Hessen unterhalb von Mannheim. In erster Linie sollte durch diese Rheinkorrektur eine Besserung der landwirtschaftlichen Verhältnisse erzielt werden; die Interessen von Schifffahrt und Flößerei waren dabei von sekundärer Bedeutung. Hierzu liest man bei TULLA⁵²⁾:

"Wird aber der Rhein rektifiziert, so wird alles längs des Stromes anders werden. Der Mut und die Tatkraft der Rheinuferbewohner wird in dem Maße wachsen, in dem ihre Wohnungen, ihr Land und dessen Ertrag geschützt werden. Das Klima längs des Rheins wird durch Verminderung der Wasserfläche auf beinahe 1/3 durch das Verschwinden der Sümpfe und die dadurch gebildete Verringerung der Nebelbildung wärmer und angenehmer und die Luft reiner werden."

Die natürliche Ausbildung des Rheinlaufes mit seiner unterschiedlichen Laufgestaltung, dem "Wildstrom" des Oberlaufes und der daraus anschließenden Mäanderstrecke, zwangen zu unterschiedlichen Baumaßnahmen. Der durch zahlreiche Verästelungen gekennzeichnete Stromabschnitt wurde in einem einheitlichen Bett zusammengefaßt, das von nun an mit seinen Windungen die Strecke von Basel bis zur

52) TULLA: Rektifikation des Rheins, 1825, zitiert bei KÖBLER 1937, S. 145.

Einmündung der Lauter kennzeichnet. Hierdurch wurde eine Verkürzung des Stromlaufes von 30,7 km (= 14 % der ehemaligen Lauflänge) erzielt. Die Mäanderstrecke wurde durch einzelne Durchstiche begnadigt, und zwar hat man zwischen 1818 und 1876 von der Lautermündung bis zur hessisch-badischen Grenze insgesamt 18 verschiedene Durchstiche vorgenommen⁵³⁾. Sie führten zu einer Verkürzung des Stromlaufes um 50,1 km (= 37,1 % der ehemaligen Lauflänge). Durch diese Maßnahmen wurde der Strom nicht allein in seiner Laufentwicklung verändert, sondern er erhielt auch eine relativ einheitliche Breite, die bis zur Neckarmündung von nun an nur noch zwischen 200 und 250 m schwankt.

Auf hessischem Gebiet waren die Maßnahmen nicht so einschneidend. Die hier behandelte Untersuchungsstrecke ist nur durch relativ wenige Mäander gekennzeichnet, die auch nicht so schleifenartig und eng zusammengezogen sind wie diejenigen des oberhalb befindlichen Stromabschnittes. Auch waren die auf badisch-bayerischem Territorium gelegenen Orte im allgemeinen stärker durch Überschwemmungen bedroht.

Der Durchbruch des sich bei Lampertheim befindlichen Mäanders hatte sich zu Anfang des 19. Jahrhunderts bei einer Hochflut von selbst vollzogen; er wurde durch den im Jahre 1879 eröffneten "Rheindurchstich am oberen Busch" lediglich nachreguliert. Hierbei wurde eine Verkürzung des Laufes um rund 1 km erreicht.

Größere wasserbauliche Arbeiten kamen nur am sogenannten "Geyer" zur Ausführung, wodurch die Stromkrümme von Stockstadt-Erfelden zum Altrhein und "der Kühkopf" zur Insel wurde. Nach dem außergewöhnlichen Hochwasser des Jahres 1824 und auf Grund der oberhalb der hessischen Grenze erfolgten Stromverkürzungen entschloß man sich, trotz der Bedenken der abwärts von Oppenheim gelegenen Ortschaften,

53) Ausführlich berichtet hierüber WITTMANN 1927, S. 245 ff.

die durch eine Geradelegung des Stromes für sich Nachteile befürchteten, zu dem "Durchstich am Geyer". Auf Veranlassung des hessischen Wasserbaudirektors Kröncke wurde im Jahre 1828 mit dem Bau eines Kanals begonnen, der nach seiner Fertigstellung 1829 den Stromlauf von 15,2 km auf 4,5 km, also um 10,7 km verkürzte. Die Nacharbeiten zogen sich jedoch noch bis zum Jahre 1896 hin, und auch die Verbreiterung des neuen Stromlaufes auf 300 m erfolgte nur langsam⁵⁴⁾.

Durch diese Korrektionsmaßnahmen wurde der gesamte Oberrhein umgestaltet, indem ihm auf weiten Strecken ein völlig neues, künstliches Bett zugewiesen wurde.

Anders verhält es sich bei den

c) Stromregulierungen.

Diese haben lediglich den Zweck, den natürlichen Wasserlauf durch Ein- oder Uferbauten oder auch durch Baggerungen zu verbessern und damit vor allem für die Schifffahrt günstigere Bedingungen zu schaffen. Auf der Untersuchungsstrecke wurden seit dem Ende des vergangenen Jahrhunderts systematisch zahlreiche Regulierungsarbeiten vorgenommen: Verbesserung der Abflußverhältnisse durch Einbauten, Erhöhung und Verstärkung vorhandener sowie durch den Neubau weiterer Buhnen⁵⁵⁾, Befestigung der Ufer, Ausbaggerungen des Fahrwassers usw.

Die größte Regulierungsmaßnahme wurde unterhalb von Gernsheim vorgenommen, wo der Rhein, der hier erst eine NE-Richtung innehat, sich nun mit einer starken Krümmung nach Westen wendet. Der Strom,

54) Eine ausführliche Beschreibung des Rheindurchstichs am Geyer wird von SCHÄFER, 1958, S. 313, gegeben.

55) Buhnen sind dammartige, quer zur Flußrichtung liegende Regelungsbauwerke, die im Flußbau die Aufgabe haben, den Wasserlaufquerschnitt einzuengen. (Vgl. Din-Normen des Wasserwesens Nr. 4054, S. 3).

der vor dem 13. Jahrhundert an dieser Stelle noch einen völlig anderen Weg nahm, hat diese scharfe Biegung ganz allmählich ausgebildet. Er breitete sich immer mehr nach Norden und Osten aus und hat dabei nicht unerhebliche Schäden für das angrenzende Gelände verursacht. Hat man auch in früherer Zeit laufend versucht, der Erosion des Stromes an dieser Stelle Einhalt zu gebieten, so brachten die einzelnen baulichen Veränderungen doch nicht den gewünschten Erfolg, zumal die beiden am meisten betroffenen Gemarkungen Biebesheim und Gernsheim bis zum Jahre 1803 verschiedenen staatlichen Territorien angehörten und die Arbeiten uneinheitlich ausgeführt wurden⁵⁶⁾. Es bildete sich eine immer unregelmäßigere Ufergestaltung aus, und schließlich hatte das Mittelwasserbett unterhalb Gernsheim am sogenannten "Schwarzen Ort" nur noch eine Breite von 180 m. An dieser Engstelle kam es häufig zu Eisstau und zu einer besonderen Erschwerung des Hochwasserabflusses. In den Jahren 1932/33 wurde der Flußquerschnitt bis auf 300 m verbreitert und die Ufer so umgestaltet, daß nun auch an dieser Stelle des Flußlaufes ein ungehinderter Abfluß größerer Wassermassen erfolgen kann.

2. Die Riedentwässerung.

a) Die ersten Anfänge einer Entwässerung bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts.

Ebenso weit zurück wie die Bemühungen gehen, den Rheinstrom mit Hilfe von Dämmen zu fassen und an seinem Ausufern zu hindern, geht auch das Verlangen der Riedbewohner, ihre Ländereien vor denjenigen oberflächlichen Wasseransammlungen zu schützen, die nicht von den fließenden Gewässern herrühren. Es handelt sich dabei einmal um das bei hohen Rheinwasserständen austretende Qualmwasser, zum anderen um

56) Biebesheim gehörte zu Hessen-Darmstadt, Gernsheim dagegen zu Kur-Mainz.

an sich zu hohe Grundwasserstände sowie um mangelhaft abfließende Niederschläge auf schwer durchlässiger Unterlage. Schon in früheren Jahrhunderten kam es aus diesen Gründen zur Anlage zahlreicher Gräben, die das stagnierende Wasser einem Vorfluter und schließlich dem Rhein zuführen sollten. Es ist aber heute kaum mehr festzustellen, welche der vielen Riedbäche und -gräben durch künstliche Maßnahmen entstanden sind, da auch die natürlichen Wasserläufe in der Zwischenzeit durch Menschenhand verändert wurden.

Die nachweisbar älteste künstliche Anlage ist der "Landgraben", den Landgraf Georg I. von Hessen-Darmstadt in den Jahren 1567-1596 erbauen ließ, um das Ried zu entwässern und kulturfähig zu machen.

Dieser "Graben" bildete von jeher keinen geschlossenen Lauf, sondern setzt sich vielmehr auch heute noch aus einer ganzen Reihe von Teilgräben zusammen, so daß es treffender erscheint, von einem Landgrabensystem zu sprechen. In seinem Oberlauf faßt der "Landgraben" die badischen Odenwaldbäche zusammen, verläuft parallel zu den beiden Weschnitz-Armen nach Norden und entwässert hier in die vereinte Weschnitz. Im nördlichen Teil des hessischen Rieds folgt die als "Landgraben" bezeichnete Entwässerungsanlage im wesentlichen den alten Neckarschlingen, berührt dieselben stellenweise und mündet schließlich bei Trebur in den Schwarzbach ein.

Mußte das Landgrabensystem in der damaligen Zeit zweifellos als ein großartiges Kulturwerk betrachtet werden, so konnte es seiner Aufgabe nur solange gerecht werden, wie man für seine regelmäßige Unterhaltung und Pflege Sorge trug. Die beteiligten Gemeinden kamen ihrer Aufgabe jedoch nur sehr mangelhaft nach, obwohl die "Fegung" der Gräben zunächst als "Staatsfronde" betrachtet wurde. Mit der Aufhebung der Frondienste im Jahre 1819 erlosch die Unterhaltungspflicht, womit das gesamte System, das in seiner uneinheitlichen und unrationellen Anlage den

späteren Bedürfnissen ohnehin nicht mehr entsprach, dem Verfall preisgegeben war.

Im Laufe der Zeit häuften sich Vorschläge und "Projekte" zur Verbesserung des Rieds, von denen die von Johann Jacob HILL verfaßte Schrift besonders zu erwähnen ist⁵⁷⁾.

Die einzelnen Vorschläge, die sich sowohl mit einer zweckmäßigeren Regulierung des "Landgrabens" als auch mit Ent- sowie Bewässerungsmaßnahmen im allgemeinen beschäftigen, wurden aber kaum realisiert. Meist verwarf man sie und ersetzte sie dann durch neue⁵⁸⁾.

b) Die Verbesserungsmaßnahmen im hessischen Ried bis zum Jahre 1928.

Hat man bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts versucht, den Wasserüberschuß im hessischen Ried durch einzelne künstliche Gräben zu entfernen, so ging man später dazu über, Schleusen in die vorhandenen Bäche, Gräben und Dämme einzubauen, um vor allen Dingen die im Mündungsbereich der Wasserläufe befindlichen Ländereien vor den Rückstauwirkungen des Rheins zu schützen. Zu den frühesten Anlagen dieser Art gehören die drei im Schwarzbachdamm befindlichen Schleusen: die Dammerslach- und Bornsprengschleuse bei Trebur und die Naundelschleuse bei Astheim sowie außerdem die Landdammschleuse am Kammerhof. Eine sehr günstige Wirkung wurde durch die Errichtung der Schwarzbachschleuse bei Ginsheim erzielt. Bis zu ihrer Fertigstellung im Jahre 1880 war die mangelhaft eingedeichte Schwarzbachniederung dem Rückstau vom Strome her besonders ausgesetzt. Die Wasserstände des Schwarzbachs mußten sich denen des Rheins anpassen und verursachten demzufolge bei Hochwasser des Rheins erhebliche Überflutungen. Mit

57) HILL 1772.

58) KLAAS 1886, S. 3-47. Der Verfasser gibt hier eine detaillierte Beschreibung der "bisherigen Vorschläge zur Verbesserung des Rieds."

dem Bau der Schwarzbachschleuse und den gleichzeitig errichteten neuen Dämmen wurde die Überschwemmungsgefahr gemindert. Das im Einzugsgebiet des Schwarzbachs liegende Gelände blieb aber - sobald die neue wie auch die alten Schleusen geschlossen waren - ohne jegliche Vorflut.

Inzwischen hatte man auch damit begonnen, Pumpwerke zu errichten. Am sogenannten "Kleinen Rhein" wurde auf Privatinitiative des Eigentümers der "Hohenaue" schon im Jahre 1858 ein Entwässerungspumpwerk gebaut, das die Aufgabe hatte, die Vorflut während des Sommerhochwassers zu sichern. In den folgenden Jahrzehnten machte man sich diesen technischen Fortschritt an verschiedenen Stellen des rechts- sowie auch linksrheinischen Rieds zunutze. In der Zeit von 1912 bis 1913 kam es nach langen Verhandlungen auch an der Schwarzbachmündung bei Ginsheim zum Bau eines Pumpwerkes, mit dessen Hilfe von nun an der Abfluß des Wassers möglich war und die Niederung von schädlichen Überflutungen freigehalten werden konnte.

Zwischen 1882 und 1886 entstand auf Veranlassung des "Großherzoglichen Ministeriums des Innern und der Justiz" ein genauer Plan zur Melioration des Rieds, den Landeskulturinspektor KLAAS entwarf⁵⁹⁾. Dieser Plan umfaßt einen erheblichen Teil des nördlichen hessischen Rieds und sieht neben der großzügigen Anlage von Entwässerungskanälen und -gräben auch die Errichtung von Schleusen und Pumpwerken vor. Wurden auch kleinere Arbeiten an den bestehenden Gräben durchgeführt, indem man sie zuweilen reinigte, sie ausbaute oder auch vertiefte, so bestand doch das Interesse an einem gut ausgebauten und unterhaltenen Grabennetz nur solange, wie man durch Wasserüberschuß eine Verminderung der Erträge befürchtete. In Trockenjahren wurden oftmals bestehende Anlagen wieder zugeschüttet, deren Fehlen

59) KLAAS 1886.

dann im Bedarfsfalle erneut ungünstige Abflußverhältnisse mit sich brachte.

In den 90er Jahren setzte eine Reihe schneearmer Winter ein, die dazu führten, den Grundwasserstand um etwa 1 m abzusenken. Dadurch wurden auch auf den sonst unter Feuchtigkeit leidenden Äckern und Wiesen gute landwirtschaftliche Erträge erzielt und der Bau von Entwässerungsanlagen nicht mehr für notwendig erachtet. Die von 1911 bis 1921 anhaltende Trockenperiode führte zu einer weiteren Zurückstellung des Planes, und erst die großen Überschwemmungen des Jahres 1922 und die damit verbundenen erheblichen Ernteschäden gaben den Anlaß, die Durchführung der Entwässerungsmaßnahmen von Staats wegen anzuordnen.

Auf der Grundlage des am 11. Juni 1923 vom Hessischen Landtag angenommenen "Gesetzes zur Verbesserung der Wasser- und Bodenverhältnisse im Kreise Groß-Gerau" wurde der "Astheim-Erfelder Entwässerungsverband" gegründet, dem die Gemeinden Astheim, Berkach, Dornheim, Erfelden, Geinsheim, Leeheim, Trebur und Wallerstädten angeschlossen sind⁶⁰⁾. Dieser Verband hatte die Aufgabe, 4390 ha zu ent- bzw. auch zu bewässern und gleichzeitig in den betreffenden Gemarkungen die Feldbereinigung durchzuführen. Die genannte Meliorationsfläche setzt sich zu 55 % (2420 ha) aus Ackerland und zu 45 % (1970 ha) aus Wiesen zusammen; von letzteren waren 44 % versumpft (rund 875 ha) und 26 % (rund 505 ha) stark entwässerungsbedürftig.

Zwischen den Jahren 1925 und 1928 wurde nunmehr die heute noch größte zusammenhängende Meliorationsanlage des hessischen Rieds geschaffen, der im wesentlichen der von KLAAS entwickelte Entwurf zugrunde liegt (vgl. Abb. 9). Zunächst wurde mit der Herstellung

60) Vgl. HAUCK 1926.

eines ausgedehnten Grabennetzes begonnen. Die Gräben 1. Ordnung, hier auch als "Kanäle" bezeichnet, erstrecken sich vom "Kleinen Rhein" westlich Astheim bis nach Erfelden und schließen die Entwässerung des besonders tief liegenden Geländes im Bereich des ehemaligen Rheinmäanders zwischen Geinsheim und Leeheim ein. Sie haben eine Gesamtlänge von 35 km, eine Sohlenbreite von etwa 4 m und wurden mit einer Tiefe von durchschnittlich 2 m angelegt. Die starke Verschlammung führt jedoch zu einer ständigen Erhöhung der Kanalsohle, die wiederholte "Räumungen" der Kanalbetten erfordert. Zahlreiche Gräben 2. und 3. Ordnung mit einer Länge von insgesamt rund 250 m führen diesen Kanälen das Wasser zu. Erreicht der Wasserstand in den Gräben eine bestimmte Höhe, die je nach der Jahreszeit und dem Reifegrad der auf den Feldern stehenden Frucht verschieden festgelegt wird, und ist die natürliche Vorflut zum Rhein wegen der auch hier vorhandenen höheren Wasserstände unterbunden, so sorgen die gleichzeitig mit der Anlage des Grabensystems errichteten 3 Pumpwerke "an der Wächterstadt", "am Kammerhof" und "am Sommerdamm" in Verbindung mit dem bereits bestehenden Schwarzbachpumpwerk für einen ungehinderten Wasserablauf. Sind alle Pumpwerke in Tätigkeit, so können dem hessischen Ried auf diese Weise pro Sekunde 8 m^3 Wasser entzogen werden⁶¹⁾. Diese Entwässerungsanlagen haben sich bis in die Gegenwart bewährt. Sie haben besonders auch in den stark unter Wasserüberschuß leidenden Jahren 1955 und 1961 dazu beigetragen, größere Ernteschäden zu verhüten. Allein die Tatsache, daß eine rechtzeitige Entwässerung nach niederschlagsreichen Wintern die Bestellung bereits in der zweiten Märzhälfte bzw. Anfang April ermöglicht, ist ein erheblicher Vorteil, der höhere Ernteerträge erwarten läßt. Neben der Aufgabe, einen großen Teil des nördlichen

61) Nähere Einzelheiten über die Pumpwerke vermittelt HAUCK 1927, S. 271-274.

hessischen Rieds zu entwässern, hat die hier geschaffene Anlage aber auch den Zweck, im Bedarfsfalle der Bewässerung zu dienen. Das "Wächterstadt-Pumpwerk" wurde so eingerichtet, daß es in Trockenzeiten auch Rheinwasser auf die sogenannten "Wächterstadt-Wiesen" pumpen könnte. Allerdings ist eine Bewässerung auf diesem Wege wegen der hohen Kosten bisher kaum erfolgt. Dagegen wurde durch rechtzeitige Schließung der in die Kanäle eingebauten Stauschleusen schon häufig eine zu starke Austrocknung des Gebietes verhindert. Hierfür war der trockene Sommer des Jahres 1959 ein gutes Beispiel.

c) Der Generalkulturplan für das hessische Ried.

Die im Rahmen des Astheim-Erfelder-Entwässerungsverbandes begonnenen Arbeiten gaben den Anlaß, darüber hinaus für das gesamte hessische Ried einen großzügigen Meliorationsplan auszuarbeiten. Trotz zahlreicher Einsprüche von seiten der Grundbesitzer kam es auf Initiative des Eigentümers des Weilerhofes, Dr. DEHLINGER, der als hessischer Landtagsabgeordneter bereits an der Entwicklung des oben genannten Verbandes wesentlichen Anteil hatte, am 9. Juni 1925 zu einem Landtagsbeschluß, der die Ausarbeitung eines "Generalkulturplanes für die Verbesserung der Wasser- und Bodenverhältnisse im gesamten hessischen Ried" anordnete. Dieser im Jahre 1929 fertiggestellte Plan umfaßt eine Meliorationsfläche von rund 29700 ha, in der auch 6630 ha des ebenfalls entwässerungsbedürftigen linksrheinischen Rieds (Provinz Rheinhessen) enthalten sind. Die 23 070 ha des rechtsrheinischen Rieds (Provinz Starkenburg) verteilen sich zu 10 768 ha auf Ackerland und zu 12 302 ha auf Wiesen. Die gesamte Meliorationsfläche ist in 28 Entwässerungsgebiete eingeteilt, von denen sich 21 rechts des Rheins befinden. Über jedes einzelne dieser Entwässerungsgebiete liegen genaue Beschreibungen sowohl über den Kulturzustand der entwässerungsbedürftigen Ländereien als auch über die zu ergreifenden Maßnahmen vor.

Sie bestehen im wesentlichen aus der Neuanlage offener Gräben sowie aus der Vertiefung, Verbreiterung, Säuberung und Verlegung alter Grabensysteme, wodurch - ähnlich wie beim Astheim-Erfelder Entwässerungsverband - mit Hilfe von Schleusen und Pumpwerken eine günstigere Vorflut geschaffen werden sollte. Außerdem wurden den Plänen genaue Kostenberechnungen sowie Ausführungen über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Anlagen beigelegt.

Die Durchführung des Generalkulturplans scheiterte jedoch zunächst an den hohen Kosten. Erst im Rahmen der Arbeitsbeschaffung und durch das am 3. Juli 1933 aufgestellte "Meliorations- und Siedlungsprogramm", das alle entwässerungsbedürftigen Flächen Hessens einschloß, begann man Anfang der 30er Jahre, vorwiegend im südlichen Teil des hessischen Rieds mit Entwässerungsmaßnahmen. Ihnen liegen zum größten Teil die Entwürfe des Generalkulturplans zugrunde.

Die Verbesserung des landwirtschaftlich genutzten Bodens erfolgte in Verbindung mit der Feldbereinigung, d. h. dem Zusammenlegen des zersplitterten ländlichen Grundbesitzes. Damit entstand auch ein völlig neues System von Wegen. Hinzu kam noch die Gewinnung neuen Siedlungslandes durch Urbarmachung versumpfter Flächen, die etwa 1000 ha ausmachen, sowie die durch Waldrodungen - etwa 300 ha - neu entstandene landwirtschaftliche Nutzfläche⁶²⁾. Auf der Grundlage des oben erwähnten Programms entstanden im hessischen Ried auch vier bäuerliche Neusiedlungen, die als sogenannte "Erbhöfedorfer" errichtet wurden: im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes Riedrode östlich von Bürstadt und Rosengarten, zwischen Lampertheim und Hofheim gelegen sowie im nördlichen Ried Allmendfeld bei Gernsheim und Hessenaue nordwestlich von Geinsheim.

62) Vgl. Abrechnungen und Erläuterungen zum "Meliorations- und Siedlungsprogramm" 1939.

Über die Ausführung des "Meliorations- und Siedlungsprogramms" im hessischen Ried berichtet PETZINGER⁶³⁾ im einzelnen. Für die vorliegende Untersuchung erscheint es lediglich erwähnenswert, daß neben dem Ausbau der bestehenden Anlagen und der Errichtung weiterer Pumpwerke sowie Stauschleusen bis zu Beginn des 2. Weltkrieges etwa 800 km Entwässerungsgräben neu angelegt wurden⁶⁴⁾, die das hydrographische Erscheinungsbild weiter Teile des Rieds grundlegend veränderten⁶⁵⁾.

3. Die Regulierungsmaßnahmen an den Odenwaldbächen.

An den natürlichen Wasserläufen des Rieds nahm man im Laufe der Zeit ebenfalls Verbesserungsmaßnahmen vor. Dies gilt vor allem für die Weschnitz, die ihre Aufgabe, einen erheblichen Teil des südlichen Rieds zu entwässern, zumeist nur sehr mangelhaft erfüllte. Die bis in die Gegenwart hinein registrierten sehr häufigen Hochwässer und Überschwemmungen richteten, wie schon erwähnt wurde, nicht unerhebliche Schäden an.

Bereits in früheren Jahrhunderten versuchte der Mensch, den ungünstigen Abflußverhältnissen der Weschnitz entgegenzuwirken. So wurde in der Mitte des 16. Jahrhunderts der heute noch vorhandene Weschnitz-Arm, die "Neue Weschnitz", in Weinheim abgezweigt und bis Lorsch parallel dem alten Arm, heute "Alte Weschnitz" genannt, geleitet, wo sich beide wieder vereinigen.

Besonders nachteilig wirkten sich bei den Bemühungen um die Entwässerung der Weschnitz-Niederung von jeher die verschiedenen territorialen Zuständigkeitsbereiche aus. Die Gemeinden auf badischem Gebiet waren bestrebt, die schädlichen Wassermengen so schnell wie

63) PETZINGER 1958, S. 73-83.

64) Siehe Abrechnungen und Erläuterungen zum "Meliorations- und Siedlungsprogramm" 1939.

65) Vgl. Abschnitt C 3 a) dieser Arbeit.

möglich aus ihrem Land zu entfernen, wodurch im hessischen Ried erschwerte Abflußbedingungen eintraten. Wohl wurden gewisse Vereinbarungen getroffen, die KOOB in seiner Schrift über "Die Weschnitz und ihre Probleme in den vergangenen Jahrhunderten" urkundlich genau belegt⁶⁶⁾, es kam aber nie zu größeren und einheitlich gelenkten Flußbauten. Gerade unterhalb der hessisch-badischen Grenze ist der Abfluß größerer Wassermassen besonders erschwert. Die beiden Weschnitz-Arme und der "Landgraben" fließen parallel zueinander nach Norden. Im badischen Gebiet nehmen sie weder Bäche noch größere Gräben auf, und erst nach Überschreitung der Landesgrenze entwässern nicht nur die vom Odenwald kommenden "hessischen" Bäche, sondern auch die "badischen" Wasserläufe, die von der "Schwalbenzahl" zusammengefaßt werden, in die Weschnitz. Hinzu kommt, daß auch die Pflichten zur Instandhaltung der Weschnitzufer und -dämme sowie zur Reinigung der Bachbetten häufig vernachlässigt wurden, worüber KOOB ebenfalls genaue Angaben macht⁶⁷⁾.

Seit dem Ende des 18. Jahrhunderts begann man damit, das bei der Säuberung der Weschnitz gewonnene Erdreich zur Erhöhung und Verstärkung der vorhandenen Dämme zu verwenden. Es konnte hierdurch aber auch kein ausreichender Hochwasserschutz gewährleistet werden. Nach wie vor traten bei Hochwasserführung und Eisstau Überflutungen ein. Auf die zahlreichen Kontroversen, die zwischen badischen und hessischen Anliegern um die Abführung der Hochwässer bestanden, soll hier nicht näher eingegangen werden. Im Hinblick auf diese Probleme soll ebenfalls auf KOOB verwiesen werden⁶⁷⁾. Zweifellos hat Baden, besonders in den letzten 150 Jahren, mehr für einen besseren Abfluß der Weschnitz getan als Hessen; eine Tatsache, die für den hes-

66) KOOB 1956.

67) KOOB 1956.

sischen Bereich Nachteil bringen mußte. Hier hat man erst in den letzten Jahren mit dem Ausbau des Flusses begonnen.

Im Jahre 1926 konnte die "Neue Weschnitz" zwischen Schwalbenzahl und der Straße Lorsch-Heppenheim etwa $35\text{--}40\text{ m}^3/\text{sec}$ und von hier bis zur Wattenheimer Brücke ungefähr $45\text{ m}^3/\text{sec}$ ohne Ausuferungen abführen, während die "Alte Weschnitz" auf hessischem Gebiet nur $20\text{--}25\text{ m}^3/\text{sec}$ aufnehmen konnte. Aus einem 1955 entstandenen Gutachten ist zu entnehmen, daß auf badischem Territorium zu dieser Zeit nunmehr bereits je $70\text{ m}^3/\text{sec}$ in beiden Weschnitzläufen abfließen; im Untersuchungsgebiet wurden dagegen von der "Neuen Weschnitz" nur $34\text{ m}^3/\text{sec}$, von der "Alten Weschnitz" sogar nur $26\text{ m}^3/\text{sec}$ gefaßt⁶⁸⁾. Unterhalb Lorsch bis zur Mündung konnten nach wie vor nur $45\text{ m}^3/\text{sec}$ aufgenommen werden. Nach 1933 wurden im Rahmen des im vorigen Abschnitt bereits erwähnten "Meliorations- und Siedlungsprogramms in Hessen" an der Weschnitz lediglich zwei Pumpwerke errichtet, und zwar in der Nähe der Stadtbachmündung sowie an der Brücke östlich von Lorsch, die dazu dienen sollten, bei höheren Wasserständen der Weschnitz für die Gräben die Vorflut zu sichern. Außerdem griff man einen bereits am Ende des 19. Jahrhunderts gemachten Vorschlag auf, welcher die Rückhaltung des Hochwassers auf dafür bestimmte Flächen vorsah.

Erst seit dem Jahre 1956 werden auf hessischem Gebiet größere Verbesserungsmaßnahmen an der Weschnitz durchgeführt. Das Wasserwirtschaftsamt Darmstadt ist z. Zt. noch damit beschäftigt, einen Rahmenplan auszuarbeiten, der besonders das Problem des "Hochwasserschutzes im gesamten Niederschlagsgebiet der Weschnitz" behandelt. Mit dem Ausbau des Unter- und Mittellaufes und der damit verbundenen Tieferlegung der Sohle um 80 cm wurde im August 1958 begonnen. Es wird nach Fertigstellung der Regulierungsmaßnahmen u. a. erreicht

68) KOOB 1956, S. 68.

werden, daß die Weschnitz von ihrem Zusammenfluß an, wo die Abflußverhältnisse besonders katastrophal waren, nun ein Abflußvermögen von $70 \text{ m}^3/\text{sec}$ gegenüber den früheren $45 \text{ m}^3/\text{sec}$ besitzt. Außerdem wird eine Erhöhung der Dämme vorgenommen und die Hochwasserrückhaltung im wesentlichen auf das Gebiet zwischen den beiden Weschnitz-Armen, die "Lange Wiesen" sowie einige Bruchgebiete konzentriert.

Ähnliche Arbeiten wurden inzwischen auch an der Modau und an dem von ihr abzweigenden Arm, dem Sandbach-Schwarzbach, vorgenommen. Im Jahre 1958 begann man mit der Regulierung der Modau unterhalb der genannten Abzweigung und ein Jahr später auch am Sandbach-Schwarzbach. Wie in der Weschnitz-Niederung, so hat man auch hier Rückhaltebecken vorgesehen.

Am Schwarzbach wurde ebenfalls mit Regulierungsmaßnahmen begonnen, indem man das Bachbett ausbaggerte und ausbaute.

Die Arbeiten zur Verbesserung der Vorflutverhältnisse im hessischen Ried sind jedoch noch nicht abgeschlossen. Es ergeben sich, besonders durch Verschlammungen und Verkrautungen der Bachbetten, auch ständig wieder neue Abflußschwierigkeiten, denen man nur durch eine regelmäßige Pflege und Unterhaltung der Wasserläufe entgegenwirken kann.

Dasselbe gilt auch für die kleineren Bäche des Rieds, wie z. B. Erbach, Stadtbach und Hambach im südöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes. Sie wurden zwar gut eingedeicht, doch haben sich im Laufe der Zeit durch Anlandungen starke Erhöhungen der Bachsohlen ergeben. Der Hambach fließt heute beispielsweise über dem Niveau des angrenzenden Geländes, eine Tatsache, die bei Hochwasser die Gefahr der Überflutung vergrößert.

4. Die Errichtung von Wasserwerken im hessischen Ried.

Als Eingriffe in den Wasserhaushalt sind aber nicht nur die verschiedenen wasserbaulichen und kulturtechnischen Maßnahmen zu verstehen, sondern auch die ständigen Entnahmen von Grundwasser durch die Wasserwerke. Das hessische Ried wurde auf Grund seiner sehr ergiebigen Grundwasservorkommen in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts für die Wasserversorgung erschlossen.

Das älteste Wasserwerk im Untersuchungsgebiet ist das Wasserwerk Eschollbrücken der Südhessischen Gas- und Wasser AG., das im wesentlichen die Stadt Darmstadt, aber darüber hinaus auch noch eine ganze Anzahl im näheren und weiteren Umkreis des Werkes befindliche Ortschaften mit Trink- und Industrierwasser versorgt. Es wurde zwischen 1878 und 1880 errichtet und seit dieser Zeit laufend erweitert. Angaben SCHOTTLERS zufolge bestanden im Jahre 1944 23 Filterbrunnen⁶⁹⁾, im Jahre 1952 waren es 37⁷⁰⁾, und NÖRING berichtet in den Erläuterungen zur Hydrogeologischen Übersichtskarte - Blatt Frankfurt - von einer "insgesamt 44 Brunnen umfassenden Brunnenreihe"⁷¹⁾. Die einzelnen Brunnen sind zwischen 50 und 60 m tief, sie liefern etwa 300-400 (maximal 600) l/sec Wasser mit einer Härte von 11-11,5⁰ d.H.

Das Wasserwerk Bürstadt entnimmt seit dem Jahre 1905 aus den Sanden und Kiesen im Bereich des Lorscher bzw. Lampertheimer Waldes dagegen höchstens 300 l/sec aus etwa 30 Brunnen, die maximal 30 m tief sind. Das Wasser wird zum überwiegenden Teil nach der Stadt Worms, aber auch nach Lampertheim, Bürstadt und Hofheim/Ried weitergeleitet. Über die seit dem Anfang dieses Jahrhunderts bis 1960 von

69) SCHOTTLER 1944, S. 118.

70) Erläuterungen zur Hydrogeolog. Übersichtskarte 1:500.000, Blatt Stuttgart, 1952, S. 34.

71) NÖRING in Erläuterungen zur Hydrogeolog. Übersichtskarte 1:500.000, Blatt Frankfurt, 1957, S. 78.

den Werken Eschollbrücken und Bürstadt alljährlich geförderten Wassermengen wurde in Abb. 19 ein Vergleich angestellt, der besonders hinsichtlich der noch zu behandelnden Grundwasserabsenkung ein anschauliches Bild vermittelt.

Im nordwestlichen Teil des hessischen Rieds ist seit dem Jahre 1928 das Wasserwerk Hof Schönau der Stadt Mainz in Betrieb, das außer dieser Stadt auch noch die Ortschaften an der Mainmündung und die Stadt Rüsselsheim mit Wasser versorgt. Auch dieses Wasserwerk wurde ständig erweitert. Waren es im Jahre 1944 noch 20 Brunnen, so wird 1957 bereits aus 32 Brunnen mit Tiefen bis zu 100 m Wasser entnommen, die sich auf eine etwa 2 km lange Strecke verteilen⁷²⁾.

Die Härtegrade sind bei den einzelnen Brunnen, je nach der Tiefe der Entnahme, verschieden, da im Bereich des Wasserwerkes "Grundwasserströme" unterschiedlicher Herkunft und Richtung zusammentreffen. -

Die Fördermengen des Wasserwerkes Hof Schönau liegen im allgemeinen etwas niedriger als beim Wasserwerk Eschollbrücken, übersteigen jedoch die des Wasserwerkes Bürstadt meist um mehr als das Doppelte⁷³⁾.

Im Gemeindebezirk Weiterstadt werden durch ein Wasserwerk der Chemischen Fabrik E. Merck AG., Darmstadt, mit Hilfe von 20 Brunnen jährlich etwa 3 Millionen m³ Wasser gefördert⁷⁴⁾.

Zu erwähnen sind außerdem noch das Gruppenwasserwerk und die Industriewerke der Stadt Groß-Gerau, die alljährlich insgesamt etwa 2 Millionen m³ Wasser aus einem tieferen Grundwasserstockwerk entziehen, das durch Tonanlagen gegen die oberflächennah gelegenen Grundwasserleiter abgedichtet ist. Für die Frage nach einer Grundwasserab-

72) Vgl. SCHOTTLER 1944, S. 120 und NÖRING in Erläuterungen zur Hydrogeolog. Übersichtskarte 1:500.000, Blatt Frankfurt, 1957, S. 79.

73) Vgl. BURRE 1952, S. 226.

74) Vgl. NÖRING in Erläuterungen zur Hydrogeolog. Übersichtskarte 1:500.000, Blatt Frankfurt, 1957, S. 78.

senkung spielen diese letztgenannten Entnahmen keine große Rolle. Die am Ostrand des Rieds, an der Grenze des Odenwaldes zum Oberrheintalgraben, gelegenen Wasserwerke der Städte Bensheim und Heppenheim sind ebenfalls ohne nennenswerten Einfluß auf die langjährigen Grundwasserspiegelgänge im hessischen Ried.

C. Die Auswirkungen der künstlichen Maßnahmen.

1. Die Auswirkungen auf die Oberflächenwässer.

a) Der Rhein.

Fragt man nach den Auswirkungen der hier geschilderten verschiedenartigen Eingriffe in den Wasserhaushalt, so muß man zunächst den dadurch hervorgerufenen Veränderungen der hydrographischen Verhältnisse nachgehen. Da der Rhein als Hauptvorfluter der im Untersuchungsgebiet befindlichen oberflächlichen und interirdischen Wässer gilt, ist hierbei der Veränderung seiner hydrographischen Eigenschaften besondere Beachtung zu schenken.

Wasserführung und Abfluß.

Das insgesamt rund 160.000 km² große Einzugsgebiet des Rheins hat Anteil am Hoch-, Mittelgebirge und Tiefland, so daß auf Grund der Verschiedenartigkeit der Niederschlagsgebiete der Nebenflüsse ein gleichmäßiges Wasserdargebot erfolgen kann. Bei den Mittelgebirgsflüssen treten die höchsten Wasserstände im Winter/Vorfrühling bei Tauwetter nach Frostperioden und gleichzeitig einsetzenden, meist starken Niederschlägen auf (vgl. Wasserstandsganglinie der Weschnitz, Abb. 4); die Wasserstandskurve verflacht sich dann soweit, daß sie im Hochsommer infolge der starken Verdunstung ihre niedrigsten Werte erreicht. Demgegenüber haben die Hochgebirgsflüsse wegen des verspäteten Eintritts der Schneeschmelze sowie auch hinsichtlich der starken Sommerregen ihre höchsten Wasserstände im Sommer, und zwar im Juni/Juli (vgl. Wasserstandsganglinie des Rheins, Abb. 4).

Fast die Hälfte der dem Meere zugeführten Wassermenge des Rheins stammt - im Jahresdurchschnitt - aus dem Hochgebirge. Im Winter liegt der Anteil der aus den Alpen kommenden Wässer bei unter 30 %, während er im Sommer bis auf 75 % ansteigt.

Betrachtet man den Jahresgang der Wasserstände an den Pegeln der Untersuchungsstrecke (Worms, Gernsheim, Oppenheim, Ginsheim und Mainz), wie er sich aus den Mittelwerten der einzelnen Monate (1851 bis 1900) ergibt, so tritt der alpine Charakter deutlich hervor. Die mittleren sowie auch die gemittelten höchsten und niedrigsten monatlichen Wasserstände zeigen ihre Hochstände in den Sommermonaten. Beim Jahresgang der höchsten Wasserstände tritt - und dies wird flußabwärts immer ausgeprägter - ein sekundäres Maximum hinzu (Januar/Februar), das den Einfluß der Mittelgebirgszuflüsse charakterisiert. Spielt diese zweite Spitze bei Pegel Worms zunächst noch eine untergeordnete Rolle, so gleichen sich die beiden Höchststände der Hochwasserkurve in Mainz schon sehr an (Abb. 5). Weiter flußabwärts verschiebt sich das Bild auch bei der Mittelwasserführung immer deutlicher zugunsten des Winter-Maximums. Daraus geht das Überwiegen des Mittelgebirgseinflusses und Zurückdrängen des alpinen Charakters auf der Mittel- und Niederrheinstrecke hervor.

Mehr als der Jahresgang der Wasserführung interessiert aber im Rahmen dieser Untersuchungen der langjährige Verlauf der Wasserspiegelsbewegung.

Eine Darstellung in 10-Jahresmitteln läßt für die letzten 100 Jahre eine fast kontinuierlich verlaufende absinkende Tendenz erkennen, die in den 80er Jahren einsetzt. Nur einzelne Jahrzehnte (1911/20, 1931/40 sowie 1951/60) weichen vom allgemeinen Gang geringfügig ab (Abb. 6)⁷⁵⁾.

Besonderen Aufschluß über den langjährigen Verlauf der Rheinwasserstände erhält man, wenn man Jahresmittel zugrunde legt, denen zusätzlich noch die jeweils niedrigsten und höchsten Werte eines jeden Jahres hinzugefügt werden (Abb. 7). Auch hier ist das Absinken zu erkennen,

75) An den übrigen Pegeln der Untersuchungsstrecke herrscht der gleiche Grundzug des langjährigen Wasserspiegelverlaufes wie an dem hier aufgeführten Pegel Worms (Pegel 1. Ordnung).

m üs N.N.

JAHRESGÄNGE DER WASSERSTÄNDE AM RHEIN (im Mittel der Jahre 1851 - 1900)

- mittlere höchste monatliche Wasserstände
- mittlere monatliche Wasserstände
- mittlere niedrigste monatliche Wasserstände

Pegel Mainz

Pegel Ginsheim

Pegel Oppenheim

Pegel Gernsheim

Pegel Worms

Abb. 5

Veränderung der Höhenlage
der Rheinschle am
Pegel Worms
(nach Pichl, 1959)
und
10-Jahresmittel der Wasserstände
des Rheines am Pegel Worms
von 1852/60 bis 1951/60

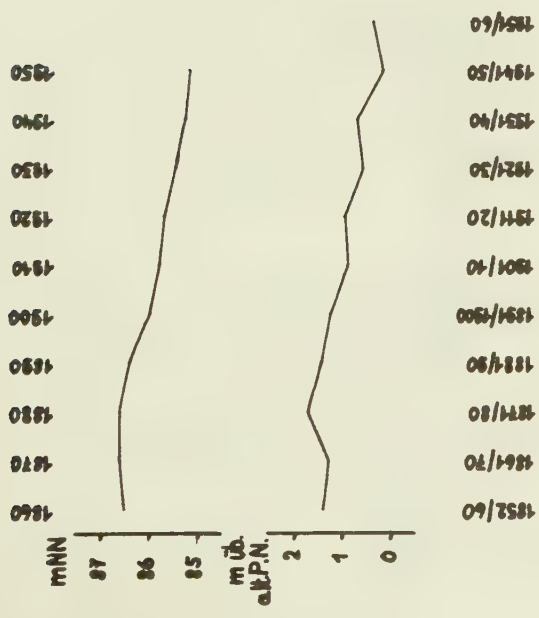


Abb. 6

Gang der Rheinwasserstände am Pegel Worms

von 1852 - 1960

PN: NN + 8,10m

----- höchste Jahreswasserstände
 ————— mittlere
 - - - - - niedrigste

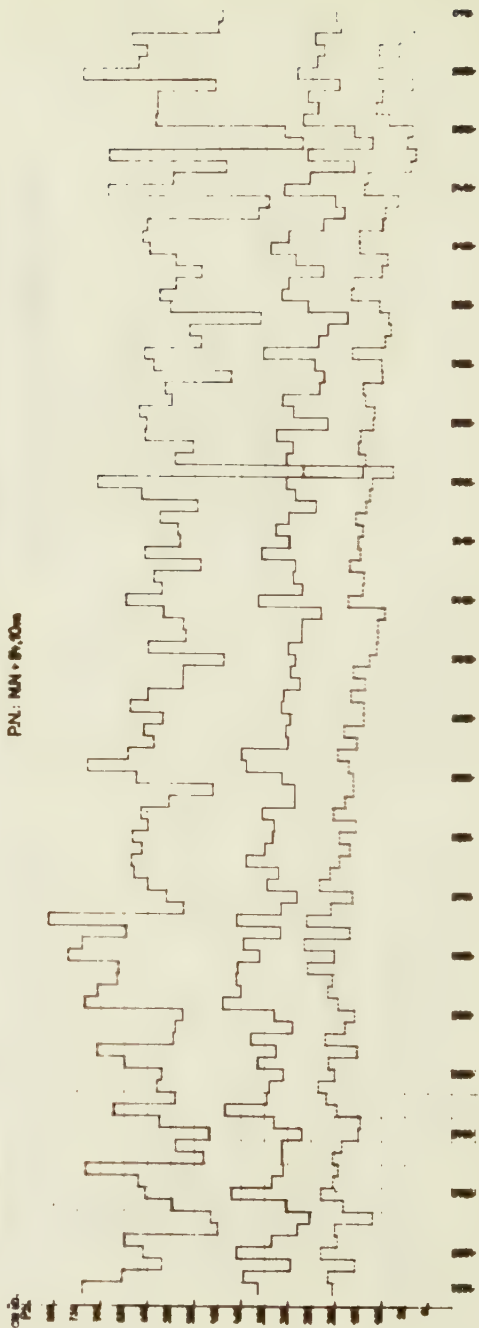


Abb. 7

das bis etwa 1930 bei allen 3 Linien in gleicher Weise zu beobachten ist. Bei den mittleren und niedrigsten Jahreswasserständen ist der Wasserspiegelgang von hier ab bis etwa 1940 zunächst durch einen Wechsel von Jahren mit niedrigen und solchen mit höheren Werten gekennzeichnet. Bis zum Ende der Beobachtungsperiode (1960) sinken die Wasserstände dann erneut wieder ab. Die Hochwasserkurve folgt diesem Gang, obwohl einzelne stärkere Hochwässer in den Jahren 1945, 1948 und besonders 1955 sowie 1958 auf den ersten Blick ein leichtes Ansteigen vermuten lassen. Das Absinken der Wasserstände kann durch eine Verminderung des Wasserdargebots allein nicht erklärt werden. Das Klima, und zwar im besonderen der Niederschlag, weist während des Beobachtungszeitraumes lediglich Schwankungen auf. Es treten wohl Jahrzehnte mit höheren und solche mit niedrigen Niederschlagssummen auf, doch pendeln diese im wesentlichen um einen Mittelwert⁷⁶⁾.

Das Fallen der Niedrigwasserlinie wird allgemein als ein untrügliches Zeichen für die Eintiefung der Flußsohle angesehen. Dergleichen Feststellungen, die auf ein Tieferlegen der Sohle hindeuten, wurden auch von OEXLE an der Donau bei Schwabelweis gemacht⁷⁷⁾ sowie an der Saalach bei Staufeneck, wo eine Senkung infolge Errichtung der Saalachsperre bei Reichenhall erfolgen mußte⁷⁸⁾.

Sohlen- und Gefällsveränderungen.

Es lag im Sinn der Rheinkorrektion, eine Senkung des Wasserspiegels herbeizuführen. TULLA bezeichnet die "Rektifikation der Flüsse" als "diejenige Operation, durch welche ihren Zerstörungen Einhalt geboten und ihr Wasserspiegel so gesenkt wird, daß die Nachteile der Überschwemmungen und die Eisgänge vermindert oder vollkommen beseitigt werden"⁷⁹⁾.

76) Vgl. im besonderen WUNDT 1957a und VON RUDLOFF 1956/57.

77) OEXLE in STRECK 1953, S. 229.

78) OEXLE 1940.

79) TULLA zitiert in EISENLOHR 1921, S. 19.

Über das Ausmaß der Rheinsohlenabsenkung und deren lokale Differenzierungen sind verschiedene Ermittlungen angestellt worden, von denen diejenigen von WITTMANN⁸⁰⁾ und PICHL⁸¹⁾ besonders hervorzuheben sind.

Werden den aneinandergereihten 10-jährigen Mittelwerten der Rheinwasserstände am Pegel Worms die von PICHL errechneten Sohlenveränderungsbeträge an diesem Pegel gegenübergestellt (Abb. 6), so wird der Zusammenhang zwischen Rheinsohlenveränderung und Wasserführung deutlich, der die Hessische Landesregierung im Jahre 1938 veranlaßte, die Pegelnulldpunkte des Rheins von Lampertheim stromabwärts um je 2 m zu senken⁸²⁾.

PICHL geht bei den Berechnungen von der Überlegung aus, daß "die Veränderung der Höhenlage der Rheinsohle gleich ist der Veränderung des natürlichen GlW". Unter "GlW" ist der gleichwertige Wasserstand zu verstehen, der jährlich an 20 Tagen unterschritten wird. Dieser Niedrigwasserstand gilt hier als Bezugswasserstand. Der "natürliche GlW" ist derjenige Wasserstand, der sich einstellt, "wenn das Pegelprofil von der gleichwertigen Abflußmenge Q_{GlW} - für Worms wurde sie mit $603 \text{ m}^3/\text{sec}$ ermittelt - durchflossen wird." Verändert sich der "natürliche GlW", so ist die Ursache hierfür vornehmlich⁸³⁾ in der Veränderung der Höhenlage der Rheinsohle zu suchen.

Die Sohlenveränderungsbeträge an den einzelnen Pegeln sind aber durchaus nicht einheitlich, sondern weichen während desselben Beobachtungszeitraumes mehr oder weniger voneinander ab. Den Darstellungen PICHLs wurden folgende Zahlenwerte entnommen:

80) WITTMANN 1955.

81) PICHL 1958.

82) Siehe Sonderdruck aus dem Hessischen Regierungsblatt No. 18 vom 7. 11. 1938.

83) Vgl. PICHL 1958 sowie auch ESCHWEILER 1951, S. 45.

Pegel	Absenkung der Rheinsohle vom Beginn der Beobachtung bis 1955 in m	
Speyer	1,6	(1820-1955)
Ketsch-Rheinau	1,6	" "
Mannheim	1,7	" "
Frankenthal	1,9	(1822-1955)
Worms	1,8	" "
Gernsheim	2,1	" "
Geyer Einmündung	1,1	(1838-1955)
Geyer Ausmündung	1,0	" "
Oppenheim	0,8	(1822-1955)

Wesentlich ist auch, daß die Sohlenveränderungen bei allen von PICHL aufgeführten Pegeln um das Jahr 1875 einen völlig anderen Charakter annehmen. Von 1820 bis 1875 wechseln Zeiten der Senkung mit solchen der Hebung an den einzelnen Pegeln in recht verschiedenartiger Weise. Ab 1875 setzt aber dann eine relativ gleichmäßige Absenkungstendenz ein, deren Intensität immer mehr abnimmt. In den letzten Jahrzehnten wird ein Gleichgewichtszustand angestrebt. In nachstehender Übersicht werden die Sohlenveränderungsbeträge in den beiden vorgenannten Zeitabschnitten gegenübergestellt:

Pegel	Veränderung der Höhenlage der Rheinsohle in m	
	vom Beginn der Beobachtung bis 1875	von 1875-1955
Speyer	-0,4	-1,2
Ketsch-Rheinau	-0,4	-1,2
Mannheim	-0,3	-1,4
Frankenthal	-0,2	-1,7
Worms	-0,3	-1,5
Gernsheim	-0,5	-1,6
Geyer Einmündung	+0,5	-1,6
Geyer Ausmündung	+0,3	-1,3
Oppenheim	+0,2	-1,0

Hieraus ist zu ersehen, daß die eigentliche Tiefenerosion der Rheinsohle erst ab 1875 einsetzt; vorher sind nur an den Pegeln Speyer bis Gernsheim Absenkungsbeträge, und auch hier nur von wenigen Dezimetern, festgestellt worden. Die von Gernsheim stromabwärts gelegenen Stationen lassen bis 1875 sogar eine Erhöhung der Sohle erkennen.

Diese Erscheinung läßt folgende Deutung zu⁸⁴⁾:

Es wurde bereits erwähnt, daß die unterschiedliche natürliche Laufgestaltung des Rheins auch verschiedene wasserbauliche Korrektionsarbeiten bedingten. Damit ist auch eine ganz bestimmte Wirkung auf das Längenprofil des Flußlaufes verbunden, und zwar wirken sich die Durchstiche der Mäanderstrecke vornehmlich durch eine stromaufwärts gerichtete Erosionstendenz aus, während die Zusammenfassung des "Wildstromes" auf der Strecke von Basel bis zur Lauter im wesentlichen durch eine stromabwärts fortschreitende Eintiefung gekennzeichnet

84) Diese Deutung geschieht in Anlehnung an die von WITTMANN, 1955, gegebene Erklärung, die durchaus zutreffend erscheint.

ist. Die größere Bedeutung kommt dabei zweifellos den Wirkungen der Durchstiche zu.

Es kann nicht Zweck dieser Darstellung sein, den einzelnen Durchstichen bestimmte Folgen zuzuordnen. Das ist auch deswegen schwer, weil die Bauarbeiten an den einzelnen Mäanderstrecken, die in einem Zeitraum von etwa 60 Jahren erfolgten, an den verschiedenen Stellen gleichzeitig und mit verschiedenen Bauzeiten durchgeführt wurden. Während der Korrekturen konnten sich - streckenweise sich überschneidend - einmal die bereits genannten Erosionstendenzen einstellen, zum anderen konnten die aus den oberhalb gelegenen Baustrecken abwärts verfrachteten Geschiebemassen besonders dort, wo sich ihnen ein Hindernis in den Weg stellte, akkumulieren und damit die Flußsohle, wenn auch nur vorübergehend, erhöhen. Gerade während der Bauzeiten herrschten sehr komplizierte Vorgänge im Flußlauf, wobei Erosion, Anstreben eines Gleichgewichtes und schließlich Akkumulation miteinander wechseln konnten.

Lediglich beim großen Durchstich am Geyer, wo der Rheinlauf um über 10 km verkürzt wurde, können die Folgen ziemlich eindeutig nachgewiesen werden. Die Erosion macht sich deutlich an der oberhalb des Durchstiches gelegenen Rheinstrecke bemerkbar, und zwar, entsprechend dem rückschreitenden Charakter, flußaufwärts mit geringer werdender Intensität und zeitlich verzögert. Erst im Jahre 1842 wurde die Wirkung der im Jahre 1829 erfolgten Mäanderverkürzung in Mannheim registriert⁸⁵⁾. Unterhalb des Durchstiches überwiegt zunächst die Sohlenhebung gegenüber der Senkung.

Bis zum Abschluß der Korrekturmaßnahmen - die etwa in die Jahre um 1875 fallen - war die Rheinsohle recht verschiedenartigen Veränderungen ausgesetzt, die aber im ganzen gesehen - wie aus der Tabelle

85) Vgl. EISENLOHR 1921.

hervorgeht - bis zu diesem Zeitpunkt nur recht geringe Abweichungen vom Zustand vor Beginn der Baumaßnahmen erkennen lassen.

Als Ursache für die ab 1875/80 an allen Pegeln beobachtete stärkere Erosion wird im allgemeinen der große Geyer-Durchstich angenommen, der sich unmittelbar nach seiner Fertigstellung noch nicht voll auswirken konnte, da die aus den oberhalb gelegenen Baustellen zuströmenden Geschiebemassen zunächst die Erosionskraft hemmten. Die Senkung beträgt an allen Meßstellen über 1 m, wobei die höchsten Beträge auf der Strecke von Frankenthal bis "Geyer-Einmündung" liegen, also stromaufwärts des Durchstichs. Für den relativ geringen Absenkungsbetrag bei Oppenheim ist auch das Vorhandensein der Nackenheimer Felsenschwelle im Bett des Rheins mitverantwortlich.

Wie bereits erwähnt, sind in den letzten Jahrzehnten nur noch geringe Veränderungen an der Rheinsohle festgestellt worden. Ab etwa 1930 haben sich nur kleinere Absenkungsbeträge von wenigen Zentimetern bis Dezimetern ergeben, am Pegel Oppenheim hat PICHL sogar eine gleichbleibende bis hebende Tendenz nachgewiesen.

Baggerungen im Flußbett dürfen heute nur noch an sehr wenigen Stellen des Rheins, im wesentlichen nur in Altläufen, vorgenommen werden. Ihre Wirkungen sind daher gering und können demzufolge hier weitgehend unberücksichtigt bleiben.

Im ganzen gesehen hat sich die Rheinsohle in dem hier betrachteten Abschnitt von Speyer bis Oppenheim relativ wenig abgesenkt, wenn man bedenkt, daß am Oberrhein zwischen Basel und Neuenburg auf Grund der Korrektionsmaßnahmen innerhalb von acht Jahrzehnten Absenkungsbeträge von 6 bis 8 m erzielt wurden.

Wie sich die Höhenbewegungen der Rheinsohle weiter gestalten werden, ist fraglich. WITTMANN nimmt an, "daß der Einfluß der Korrektion auf die Höhenbewegungen der Sohle noch an keiner Stelle zwischen Basel

und Oppenheim als endgültig abgeschlossen gelten kann" und weiter, "daß jeder menschliche Eingriff in diese erdgeschichtliche, morphologische und hydrographische Einheit sich nicht nur auf einzelne Strecken des Oberrheins auswirkt, sondern, wenn auch erst als säkulare Erscheinung, den Strom auf der ganzen Länge des Oberrheins und die Ebene selbst erfaßt"⁸⁶⁾. Inwieweit sich aus diesem Grund z. B. der erst in jüngerer Vergangenheit durchgeführte erneute Eingriff in den natürlichen Wasserhaushalt, der durch den Bau des französischen Rheinseitenkanals oberhalb Kehl hervorgerufen wurde, auf die Untersuchungsstrecke auswirken wird, bleibt abzuwarten. Ungeklärt ist auch die Rolle, welche die natürliche Erosion in Zukunft spielen wird.

Es ist aber anzunehmen, daß die in Frage kommenden Kräfte eine erneute wesentliche Tieferlegung der Rheinsohle auf der hessischen Strecke nicht bewirken werden.

Ebenfalls verändert haben sich die Gefällsverhältnisse, wie nachstehende Zahlenwerte zeigen⁸⁷⁾:

Stromstrecke	Länge in km	Gefälle in ‰		
		1882	1946	Differenz gegenüber 1882
Mannheim-Worms	18,0	0,076	0,096	+ 0,020
Worms-Oppenheim	36,9	0,094	0,114	+ 0,020
Oppenheim-Mainz	17,5	0,089	0,040	- 0,049

Einer Gefällsversteilung oberhalb von Oppenheim steht demnach eine Verflachung unterhalb dieses Pegels gegenüber.

86) WITTMANN 1955, S. 123.

87) Vgl. ESCHWEILER 1951, S. 44.

Aber auch die Gefällsveränderungen sind auf der Untersuchungsstrecke gegenüber denjenigen auf der badischen Rheinstrecke - insbesondere bei Neuenburg - gering geblieben. Der gesamte hessische Rheinabschnitt ist nach wie vor durch ein außerordentlich geringes Gefälle gekennzeichnet, das sowohl vor 1882 als auch heute noch bei 0,10 ‰ und darunter liegt.

Hochwässer.

Es wurde bereits angedeutet, daß sich in bezug auf die Hochwasserführung auf der zum Untersuchungsgebiet gehörenden Rheinstrecke ein Übergang vollzieht. Die Zuflüsse aus den Mittelgebirgen gewinnen von der Neckarmündung an eine immer größere Bedeutung für die Gestaltung des Hochwasserabflusses, wobei der Neckar selbst die Hauptrolle spielt. Damit wird am unteren Abschnitt des Oberrheins die Hochwassergefahr stärker; sie nimmt zwar noch nicht die Ausmaße wie am Mittel- und Niederrhein an, doch sind die im Laufe der Zeit auch auf der hessischen Rheinstrecke registrierten Hochwässer schon recht beträchtlich, sowohl in ihrer Häufigkeit als auch in ihrer Höhe.

Die höchsten Wasserstände des hessischen Stromabschnittes treten im Juni/Juli sowie auch im Januar/Februar auf; die hier gewonnenen Mittelwerte schließen jedoch nicht aus, daß auch in anderen Monaten Hochwässer auftreten können. Bemerkenswert ist, daß die nachweisbar stärksten Hochwässer, die z. T. Katastrophencharakter annehmen, im Winter beobachtet wurden.

Auf die näheren Ursachen der Hochwasserbildung soll im Rahmen dieser Untersuchungen weniger eingegangen werden. In erster Linie sind es stets besondere meteorologische Bedingungen im Einzugsbereich des Stromes bzw. nur der Nebenflüsse, die den Abfluß vergrößern. Dabei

spielt selbstverständlich der Abflußfaktor⁸⁸⁾ eine Rolle sowie auch - bei Winterhochwässern - der möglicherweise durch Eisversetzungen hervorgerufene Stau⁸⁹⁾.

Wichtiger ist die Frage, wie sich der Hochwasserabfluß seit der Durchführung der Rheinkorrektion gestaltet hat und welche Auswirkungen die heute auftretenden Hochwässer haben können. Der Oberrhein hat von Basel bis Oppenheim durch die Korrektionsmaßnahmen eine Verkürzung um fast 100 km (rund 24 %) erfahren. Darauf muß man bei Hochwasser von nun an auch auf eine erhebliche Verkürzung der Laufzeit der Hochwasserwellen schließen. Bei kleineren und mittleren Hochwässern ist die Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit auch gegeben, bei größeren Hochwässern tritt aber eine recht interessante, zunächst überraschende Erscheinung auf.

Schon HONSELL machte an Hand des 1882/83 herrschenden Katastrophenhochwassers die Beobachtung, daß die Abflußverhältnisse bei den großen Hochfluten am wenigsten verändert worden sind⁹⁰⁾. In einem 1929 veröffentlichten Gutachten über die Ursachen und den Verlauf des Hochwassers im Rheingebiet⁹¹⁾ wird das Hochwasser vom November 1824, das zu Anfang der Rheinkorrektion auftrat, dem vom Juni 1876 - am Ende der genannten Maßnahmen - gegenübergestellt. Beide Hochwässer hatten eine ganz ähnliche Höhe und sind demzufolge gut vergleichbar.

Von Basel bis Oppenheim wurden bei diesen beiden Hochwässern die folgenden Daten registriert:

88) Abflußfaktor = Verhältnis von Niederschlag zu Abfluß. Der Abflußfaktor gibt an, welcher Prozentsatz der Niederschläge unmittelbar - d. h. oberirdisch - zum Abfluß kommt. Er unterliegt selbst innerhalb desselben Flußgebietes Schwankungen, die nicht allein jahreszeitlich bedingt sind. Sie sind außer vom Klima auch stark von anderen Faktoren, wie Bodenrelief, Bodenart und Vegetation abhängig. (Vgl. MONHEIM 1960 und PARDE 1954).

89) Vgl. HONSELL 1883 und ESSELBORN 1918.

90) HONSELL 1883.

91) Jb. f. d. Gewässerkde. Norddeutschlands. Bes. Mitt. 1929, Nr. 2.

Pegel	Hochwasser Nov. 1824		Hochwasser Juni 1876	
	Wasserstand cm	Laufzeit Stdn.	Wasserstand cm	Laufzeit Stdn.
Basel	540	-	657	-
Breisach	590	16	675 (?)	14
Kehl	661	35	670	51
Lauterburg	750	59	770	76
Mannheim	892	103	868	120
Oppenheim	540	138	494	165

Diese Zahlenwerte sprechen eher für eine Verlängerung als für eine Verkürzung der Laufzeit beim Hochwasser des Jahres 1876. Man darf jedoch nicht zu dem Schluß kommen, von einer Verlängerung der Laufzeit durch die Rheinkorrektion zu sprechen. Deichbrüche sowie die Verschiedenartigkeit der Wellen können diesen Unterschied hervorgerufen haben. Wesentlich ist aber, daß die vermutete Geschwindigkeitsbeschleunigung des Hochwasserabflusses nicht eingetreten ist.

Auch bei den späteren bedeutenden Hochwässern, besonders bei dem von 1882/83, wurden die gleichen Feststellungen gemacht.

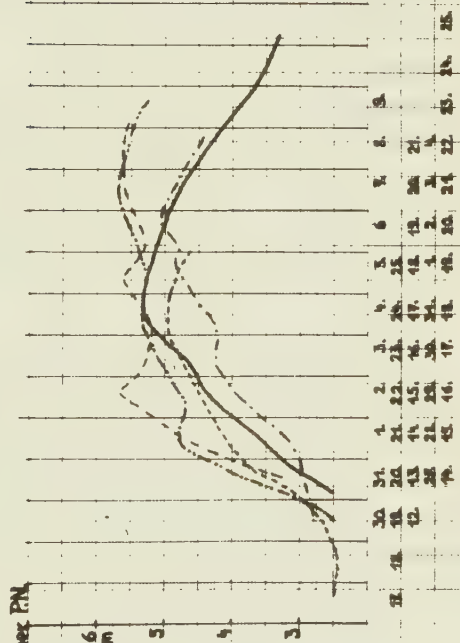
In Abb. 8 ist der Verlauf der Wellen einzelner bedeutender Hochwässer am Pegel Oppenheim dargestellt worden. Weichen die Wellen auch in ihrer Höhe sowie in ihrem Verlauf etwas voneinander ab - eine Tatsache, die in bezug auf den unterschiedlichen Charakter der Hochwasserentstehung und der Entstehungsgebiete selbstverständlich ist - so haben sie sich doch bis heute in ihren Grundzügen nicht wesentlich geändert. Auch die Welle des erst in jüngster Vergangenheit aufgetretenen Hochwassers vom Januar 1955 ist in ihrem Ablauf denjenigen der übrigen Hochwässer gut vergleichbar.

Verlauf einiger Hochwasserwellen am Pegel Oppenheim

-----	1824	Okt./Nov.	H.H.W.	5,65 m
-----	1852	Sept.	"	4,93 m
-----	1876	Juni	"	4,94 m
-----	1882/83	Dez./Jan.	"	5,62 m
————	1955	Jan.	"	5,28 m

m über P.N.

bezogen auf
alten P.N.:
N.N. + 32,42 m



nach einem Gutachten der Preussischen
Landesanstalt für Gewässerkunde über
die Ursachen und den Verlauf des Hoch-
wassers im Rheingebiet, Bln., 1929
und
einem Gutachten der Wasser- und
Schiffahrtsdirektion Mainz über
das Rheinhochwasser im Januar 1955.
Mainz, 1956 (Manuskript)

Daß sich der Abfluß größerer Hochwässer am Oberrhein nicht grundlegend gewandelt hat, ist dadurch zu erklären, daß die große Überschwemmungen verursachenden Hochfluten von jeher nicht dem Lauf des Stromes mit allen seinen Mäandern folgte, sondern der allgemeinen Richtung des Tales. Der Unterschied besteht nach der Korrektur nur darin, daß dem Wasser jetzt der kürzeste Weg vorgezeichnet wurde, den es sich früher selbst suchte. Nach wie vor füllen sich auch heute noch im Falle starker Wasserführung die vom Strom abgetrennten Altarme und tragen dazu bei, den Abfluß der Wassermassen zu verlangsamen und - soweit möglich - schädliche Überflutungen der angrenzenden Kulturländereien zu verhüten. Aus diesem Grunde war man auch von jeher bestrebt, die Altrheine, die sich zwischen Lauterburg und Oppenheim in großer Zahl befinden, offen zu halten. Ihre völlige Abtrennung vom Strom hätte allerdings einen wesentlich rascheren Hochwasserabfluß zur Folge. Damit würde vor allem die Hochwasserwelle des Oberrheins näher an die des Neckars heranrücken und die Überschwemmungsgefahr auf der unterhalb Mannheim liegenden Stromstrecke stark vergrößert.

In der Zwischenzeit hat sich die Sohle des Rheins auch soweit eingetieft, daß Überflutungen nur noch bei extrem hohen Wasserständen vorkommen können, die dann auch - dank der entsprechenden Höhe der Dämme - innerhalb der Bedeichung bleiben. Dafür liefert das Hochwasser vom Januar 1955 ein gutes Beispiel. Es wurden zwar erhebliche Wasserstände gemessen, die am Pegel Oppenheim einen Stand von über 7 m erreichten⁹²⁾, doch konnten die hierdurch hervorgerufenen Überflutungen in Grenzen gehalten werden. Landwärts der Winterdeiche sind kaum Schäden entstanden, obwohl das Wasser zum Teil nur 20 cm unter der Deichkrone stand; dagegen wurden die weniger hohen Sommerdeiche fast überall überströmt. In der letzten Zeit wird vielfach von einer un-

92) bezogen auf neuen Pegelnullpunkt.

gleichmäßiger werdenden Wasserführung des Rheins gesprochen, deren Hochwasserspitzen immer größer werden. Aus dem langjährigen Gang der höchsten Jahreswasserstände (Abb. 7) ist dem entgegen - der allgemeinen absinkenden Tendenz entsprechend - aber ebenfalls ein Niedrigerwerden der Hochwasserspitzen zu ersehen. Nur die bereits erwähnten Jahre 1945, 1948, 1955 sowie 1958 treten mit ihren hohen Werten aus diesem Rahmen heraus.

Zu den Hochwässern dieser letztgenannten Jahre führten ebenfalls besondere meteorologische Gegebenheiten. So war z. B. die Zeit vor und während des Hochwasserabflusses im Jahre 1955 durch eine besonders rasche Aufeinanderfolge von Tiefdruckwirbeln charakterisiert, die sowohl die Abflußverhältnisse des Rheins als auch die der Nebenflüsse beeinflussen mußten. Dabei kam es verschiedentlich zu einem Zusammentreffen der Hochwasserwellen vom Rhein mit denen der Nebenflüsse, so daß im Falle des Hochwassers von 1955 von einem "Hochwasser der summierten Scheitelabflüsse" gesprochen wird⁹³⁾. Dieses Aufeinandertreffen der Wellen stellt jedoch kein Charakteristikum dar, sondern muß aus dem im Jahre 1955 aufgetretenen speziellen Hochwasserabfluß heraus verstanden werden.

Als wesentliches Ergebnis ist festzuhalten, daß die in den beiden vergangenen Jahrzehnten registrierten größeren Hochwasserspitzen (Abb. 7) nicht ohne weiteres auf eine durch menschliche Eingriffe in den Wasserhaushalt hervorgerufene Ungleichmäßigkeit in der Wasserführung schließen lassen. Diese Erscheinung sowie auch die starken Unterschiede in der Hochwasserführung von Jahr zu Jahr sind im wesentlichen als eine Folge besonderen Witterungsgeschehens zu betrachten.

93) Vgl. Gutachten der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mainz 1956.

Bereits die zwischen 1872 und 1883 gehäuft aufgetretenen größeren Hochwässer gaben Veranlassung, die am Rheinlauf vorgenommenen Veränderungen sowie auch Entwaldungen und Entwässerungen hierfür verantwortlich zu machen. Aber schon zu dieser Zeit hob HONSELL die Bedeutung des Niederschlagsfaktors hervor und führte die genannte Erscheinung auf die seit Ende der 1860er Jahre herrschende Periode ganz außergewöhnlich großer Niederschlagsmengen zurück⁹⁴⁾.

Er führt aus, daß "keine der früheren ähnlichen Perioden solche Regenhöhe und solche Dauer gezeigt hat, selbst kaum die in traurigem Andenken stehenden Jahre 1816 und 1817, auch nicht das Jahr 1824, in welchem im mittleren und unteren Teile Badens alle Flüsse und Bäche ihren höchsten Stand erreicht hatten."

Gleichzeitig weist HONSELL darauf hin, daß die vorangegangenen 10 Jahre von 1857 bis 1867 sehr arm an Niederschlägen waren.

"Es ist dies der Zeitabschnitt, welcher dem jetzt lebenden Geschlecht noch in guter Erinnerung steht und den Vergleichsmaßstab angibt, wenn über die erschreckende Zunahme der Hochwässer geklagt wird. Es ist auch die Zeit, in welcher die niedrigen Wasserstände in den Flüssen und Strömen Anlaß gegeben haben zu wissenschaftlichen Untersuchungen über die Ursache des Wassermangels." 94)

Ebensowenig kann auch von einer Häufung der Hochwässer innerhalb der einzelnen Jahre die Rede sein. Zu allen Zeiten traten Jahre auf, in denen, bedingt durch besondere Witterungsverhältnisse, mehrere Male übernormale Wasserstände auftraten, sowohl vor, während und auch nach der Rheinkorrektion⁹⁵⁾.

94) HONSELL 1883, S. 13.

95) Diese Tatsache wird noch bekräftigt durch eine Zusammenstellung des Wasser- und Schiffsamtes Worms über "bemerkenswerte Hochwasserstände am Pegel Worms seit 1851."

b) Die Wasserläufe des Rieds.

Die hydrographischen Verhältnisse der Riedgewässer sind nicht wesentlich verändert worden. Die einzelnen Baumaßnahmen dienten von jeher hauptsächlich dem Hochwasserschutz. Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, daß an den meisten das Ried entwässernden Wasserläufen Dämme errichtet und dieselben laufend erhöht wurden. Auch hat man in jüngerer Vergangenheit verschiedentlich mit dem Ausbau der Bäche begonnen und hat Hochwasser-Rückhaltebecken geschaffen. Normale Hochwassermengen können demnach in der Regel ohne große Überflutungen für die angrenzenden Kulturländereien abgeführt werden. Der besonders unter Abflußschwierigkeiten leidende nordwestliche Teil des hessischen Rieds wird heute durch das System des Astheim-Erfelder-Entwässerungsverbandes gut entwässert. Neben den Entwässerungsgräben sorgen vor allem die Pumpwerke für einen normalen Abfluß zum Rhein. Außerordentlich günstige Folgen hat dies für die Gemeinde Astheim, die vor Errichtung des Schwarzbach-Pumpwerkes im Jahre 1914 durch die Rückstauwirkungen vom Rhein her besonders bedroht war.

Im südlichen hessischen Ried, insbesondere im Gebiet der Heppheimer Gemarkung, ist aber für die zum größten Teil im Odenwald entspringenden Bäche die Vorflut noch nicht gänzlich gesichert⁹⁶⁾.

Neben den Dämmen sollen in die Bäche und Gräben eingebaute Schleusen schützend wirken. Diese, wie auch die im gesamten hessischen Ried geschaffenen Entwässerungsgräben, befinden sich jedoch oftmals in einem so verwahrlosten Zustand, daß sie ihrer Aufgabe im Bedarfsfalle nur schwer gerecht werden können. Auch die Trockenheit der letzten Jahre/Jahrzehnte führte dazu, zum Zwecke der verbesserten Vorflut geschaffene Anlagen verfallen zu lassen. Diese Tatsache kann im Hinblick auf mögliche künftige feuchte Jahre nachteilige Folgen haben.

96) Vgl. BEISINGER 1955.

An der Weschnitz, dem größten innerhalb des hessischen Rieds befindlichen Wasserlauf, sind bisher auch die größten wasserwirtschaftlichen Ausbauten erfolgt. Wenn die 1958 begonnenen Arbeiten auch noch nicht abgeschlossen sind, so kann doch bereits jetzt schon von nicht unwesentlichen Erfolgen in bezug auf den Hochwasserabfluß gesprochen werden. Unterhalb des Zusammenflusses von Alter und Neuer Weschnitz, wo die Abflußverhältnisse besonders katastrophal waren, ist die Weschnitz heute auf weiten Strecken schon soweit ausgebaut, daß sie die errechnete Wassermenge von $70 \text{ m}^3/\text{sec}$, gegenüber den früheren $45 \text{ m}^3/\text{sec}$, abführen kann. Dafür sorgen neben dem Ausbau der Flußbetten, der Erhöhung und Verstärkung der Dämme, auch die Tieferlegung der Weschnitzsohle um 80 cm sowie das von der Stadtbachmündung an nunmehr gleichmäßige Gefälle von 0,4 ‰. Außerdem wurde für die im Einzugsbereich der Weschnitz so wichtige Hochwasserrückhaltung Vorsorge getroffen, so daß künftig Hochwässer ohne große Gefahren für wertvolles Kulturland abfließen können. Allerdings bleiben die Schlammablagerungen, welche die Sohle der Weschnitz erhöhen, auch weiterhin ein Problem. Durch die mitgeführten und zum Absatz gelangenden Sedimente, die im besonderen auch durch die Industrieabwässer herangeführt werden, wird die Weschnitzsohle jährlich um etwa 2 cm gehoben. Nur von Zeit zu Zeit erfolgende Ausbaggerungen können hier auch weiterhin günstige Abflußverhältnisse gewährleisten.

Sieht man von besonderen Unwetterkatastrophen und ihren Begleiterscheinungen ab, so kann man doch für das gesamte hessische Ried von einer Verminderung der Überschwemmungsgefahr durch die bisherigen wasserwirtschaftlichen bzw. kulturtechnischen Maßnahmen sprechen.

2. Die Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse.

Inwieweit konnten die wasserwirtschaftlichen Maßnahmen nun den Grundwasserspiegelgang beeinflussen?

Daß sich die Grundwasserverhältnisse im hessischen Ried verändert haben, ist eine nicht zu leugnende Tatsache. Wie schon eingangs erwähnt, gehen allerdings die Meinungen über die Absenkungsbeträge, und vor allem über ihre Ursachen weit auseinander. Daher soll im nachfolgenden Kapitel dem Problem der Grundwasserspiegelentwicklung im hessischen Ried nachgegangen werden, indem die verschiedenen, auf den Grundwasserspiegel einwirkenden Faktoren Berücksichtigung finden.

Um die Veränderung der Grundwasserverhältnisse feststellen zu können, ist die Kenntnis der früheren Grundwasserstände notwendig. Damit drängt sich zunächst die Frage nach der geeignetsten und sinnvollsten Methode zur Rekonstruktion ehemaliger Grundwasserstände auf. Aus diesem Grunde soll ein kurzer Abschnitt über

a) die zur Feststellung der Grundwasserspiegelveränderungen möglichen Methoden und ihre Verwendbarkeit

im Rahmen dieser Arbeit vorangestellt werden.

Eine Möglichkeit, frühere Grundwasserstände zu erkennen, besteht in der Auswertung von Bodenprofilen. Zwei verschiedene Erscheinungen im Aufbau des Bodens könnten einen Schluß auf ein früheres Grundwasserniveau zulassen, einmal das bereits im geologischen Teil erwähnte Rheinweiß, zum anderen die Gleye.

Das Rheinweiß, eine kalktuffartige Bildung, die in der Rheinebene in einer gewissen Tiefe vorkommt und eine Mächtigkeit von 10 bis 50 cm erreichen kann, wird allgemein als ein Grundwasserabsatz angesehen. CHELIUS ist sogar der Meinung, daß die Tiefe des Auftretens von Rhein-

weiß dem durchschnittlichen Stand des Grundwassers entspricht und seine Mächtigkeit dem Schwankungsintervall⁹⁷⁾. Exakte Untersuchungen über die Genese des Rheinweiß, besonders im Hinblick auf seine Beziehung zu den Grundwasserständen, fehlen aber bisher, ebenso über seine Abhängigkeit von Geologie und Boden⁹⁸⁾. Das Rheinweiß tritt im Untersuchungsgebiet auch nicht überall gleichmäßig auf, bildet also keine durchgehende Schicht. Außerdem handelt es sich hierbei um eine postpleistozäne Bildung, die, wenn überhaupt, Auskunft über zeitlich nicht genau einstuftbare Grundwasserverhältnisse gibt. Aus diesen genannten Gründen ist es nicht zweckmäßig, die Rheinweißschicht als Indikator der Grundwasserverhältnisse, wie sie vor den Eingriffen in den Wasserhaushalt herrschten, heranzuziehen.

Die Gleye stellen im Gegensatz zum Rheinweiß ein sicheres Merkmal für vom Grundwasser geprägte Böden dar. Unter dem Einfluß eines hohen Grundwasserstandes, der im Mittel höher als etwa 80 cm unter Flur liegt, bildet sich ein Boden aus, der durch das typische Profil A - Go - Gr gekennzeichnet ist⁹⁹⁾. Auf den humosen Oberboden (A) folgt ein durch Oxydation rostbraun bis rostrot gefleckter Horizont, in den das Grundwasser infolge periodischer Wechsel vorübergehend aufsteigt (Go); daran schließt sich der dauernd durch Grundwasser beeinflusste Reduktionshorizont an (Gr). Die hier beschriebenen Gleye treten im Untersuchungsgebiet an verschiedenen Stellen auf. Zur Rekonstruktion ehemaliger Verhältnisse interessieren hier aber nicht die rezenten Ausbildungen, sondern nur diejenigen Gleyhorizonte, die heute nicht mehr vom Grundwasser erreicht werden, also fossilen Charakter

97) Erläuterungen zur Geolog. Karte, Blatt Mörfelden, Darmstadt 1891.

98) Das Problem wird aber u. a. in einer z. Zt. noch in Arbeit befindlichen Dissertation von Herrn Dipl. -Geol. Erich Becker, Mörfelden, behandelt.

99) Vgl. auch Abschnitt A 4 der Arbeit.

tragen. Fossile Gleye sind aber bezüglich ihrer Entstehung nicht genau datierbar, vor allem schon deswegen nicht, weil die Fossilisierung verschiedene Ursachen haben kann. Die fossilen Gleye ermöglichen lediglich Angaben über zeitlich weit zurückliegende Grundwasserstände. STREMMER hat z. B. auf Grund der G-Horizonte für das Gebiet des Neckarschuttkegels ehemalige höchste Grundwasserstände rekonstruiert und kommt damit zu zweifellos wertvollen Aussagen über Grundwasserspiegelveränderungen seit der Kiefernzeit¹⁰⁰⁾. Da im Rahmen dieser Untersuchungen aber nur Hinweise auf Grundwasserstände Wert besitzen, die unmittelbar vor den hier geschilderten anthropogenen Wasserhaushaltsveränderungen im hessischen Ried herrschten, müssen auch die fossilen Gleye zur Feststellung der Grundwasserspiegelveränderungen ausschalten.

Einzig und allein die Auswertung von Grundwasserbeobachtungen eignet sich dazu, die Veränderungen des Grundwasserspiegelgangs einwandfrei nachzuweisen. Allwöchentlich, zumeist am Montag früh, werden die Grundwasserstände an einer Anzahl von Meßstellen regelmäßig abgelesen¹⁰¹⁾. Die aus diesen wöchentlichen Ableisungen gemittelten monatlichen Werte geben über einen längeren Zeitraum hin den Verlauf des Grundwasserspiegels wider und lassen damit zuverlässige Schlüsse auf die Grundwasserspiegelveränderungen zu. Die in Form von Gang- und Trendlinien¹⁰²⁾ aufgetragenen Jahres- und Monatsmittelwerte der Grundwasserstände sollen den folgenden Ausführungen

100) STREMMER 1955.

101) Schreibgrundwasserpegel sind im Untersuchungsgebiet erst in jüngster Zeit eingerichtet worden. Diese Meßreihen sind noch zu kurz, als daß sie hier zur Auswertung in Frage kämen.

102) Die "Ganglinie" stellt eine empirische Linie dar, der die absolut gemessenen Werte zugrunde liegen. Unter dem Begriff "Trendlinie" soll im Rahmen dieser Arbeit dagegen der mittlere Verlauf verstanden werden, der die Grundrichtung der Entwicklung (den Trend) erkennen läßt.

zugrunde liegen. Dabei ist es klar, daß einzelne Mängel durch weniger gewissenhafte oder lückenhafte Ablesungen auftreten können. Ein wesentlicher Nachteil für diese Untersuchungen ist der noch immer zu kurze Beobachtungszeitraum. Aber trotz alledem bleiben jedoch die langjährig aufgetragenen Grundwasserbeobachtungen das sicherste Mittel, die Grundwasserstände in den einzelnen Jahren bzw. Monaten zu erkennen und ihre Veränderungen aufzuzeigen.

b) Die Auswertung der Grundwasserbeobachtungen.

Ehe die Auswertung der Grundwasserbeobachtungen im einzelnen und unter den verschiedensten Aspekten vorgenommen wird, erscheint ein kurzer Überblick über die im Untersuchungsgebiet bisher erfolgten Messungen des Grundwassers notwendig.

Einzelbeobachtungen wurden von Wasserbaubehörden, Kulturinspektionen und Wasserwerken, z. B. von denen in Worms, Darmstadt und Mainz, schon in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts durchgeführt. Diese Beobachtungen dienten im wesentlichen aber nur speziellen Zwecken und sind auch heute - nicht zuletzt bedingt durch Umstellungen innerhalb der hessischen Behörden und infolge der zwei vergangenen Weltkriege - nicht mehr erhalten. Lediglich die Messungen in einem Brunnen des Wasserwerkes Eschollbrücken, die seit Bestehen des Werkes im Jahre 1880 vorgenommen wurden, sind durch die Veröffentlichung von STEUER im Generalkulturplan für das hessische Ried (Beobachtungsbrunnen 1) zugänglich¹⁰³⁾. Diese einzige, ins vergangene Jahrhundert zurückreichende und bis 1928 vorhandene Reihe zeigt aber nicht unbedingt die allgemeine Tendenz der Grundwasserspiegelentwicklung dieses Zeitraumes im gesamten hessischen Ried an¹⁰⁴⁾.

103) STEUER 1929, S. 24.

104) STEUER 1912, S. 30.

Systematisch wird das Grundwasser im hessischen Ried erst seit 1912 beobachtet. Am 16. Juli 1912 wurde durch eine Verfügung vom Großherzoglichen Ministerium des Innern, Abteilung Landwirtschaft, Handel und Gewerbe, der amtliche Landesgrundwasserdienst im damaligen Großherzogtum Hessen angeordnet. Daraufhin richtete man im Untersuchungsgebiet zunächst folgende Meßstellen ein:

7 Stationen des Wasserwerkes Eschollbrücken,
2 Stationen des Wasserwerkes Bürstadt,
Oberförsterei Jägersburg,
Groß-Rohrheim,
Erfelden,
Ginsheim,
Astheim.

Das Beobachtungsnetz sollte in den folgenden Jahren ständig erweitert werden. Im Jahre 1914 hat man zwar noch 2 Beobachtungsbrunnen angelegt (2 Stationen in Griesheim), die weiteren Planungen wurden jedoch durch den Ausbruch des ersten Weltkrieges vereitelt. Bis zum Jahre 1945 war die Zahl der Meßstellen im gesamten hessischen Raum noch immer völlig unzureichend¹⁰⁵⁾.

Nach dem zweiten Weltkrieg ist das Beobachtungsnetz in Hessen aber laufend verdichtet worden, so daß sich im weiteren Bereich des Untersuchungsgebietes nach dem Abflußjahr 1958 schon 147 Stationen befinden, von denen allerdings der weitaus größte Teil weniger als 10 Jahre beobachtet wird.

105) Eindrucksvoll ist in diesem Zusammenhang eine Gegenüberstellung der Beobachtungsstationen von Sachsen und Hessen mit dem Stand vom Jahre 1935: Während Sachsen (14.986 km²) damals schon über 1095 Meßstellen verfügte, hatte Hessen (7.692 km²) nur 48 aufzuweisen.

Für die vorliegende Untersuchung konnten selbstverständlich nicht sämtliche, jetzt zahlreich vorhandenen Meßreihen ausgewertet werden. Die Themenstellung ließ es zweckmäßig erscheinen, eine gewisse Auswahl zu treffen.

Zunächst wurden diejenigen Beobachtungsstationen herangezogen, von denen über den längsten Zeitraum möglichst lückenlos Messungen vorliegen. Vier solcher Brunnen, die fortlaufend mit nur geringen Unterbrechungen beobachtet werden und die außerdem eine recht günstige regionale Streuung aufweisen, wurden besonders ausgewählt und in ihrem langjährigen Gang dargestellt, es sind dies die nachstehenden Brunnen¹⁰⁶⁾.

Nr.	Lage	Meßergebnisse auswertbar seit
527/22	Darmstädter Wasserwerk - Bohrloch D	1913
544/27	Lorscher Wald - Beobachtungsrohr 32	1913
544/6	Groß-Rohrheim	1913
527/44	Biebesheim	1930

Außer diesen Stationen wurden 2 von den seit 1. November 1948 eingerichteten Meßstellenreihen ausgewertet, die westöstlich vom Rhein zum Odenwald angeordnet sind. Die einzelnen Brunnen sind 1-2 km voneinander entfernt und zeigen auf einer Länge von ca. 15-20 km die verschie-

106) Mit "Brunnen" sind in dieser Arbeit zusammenfassend sämtliche Meßstellen bezeichnet worden, die der Beobachtung des Grundwasserspiegels dienen: z. B. Feuerlöschbrunnen, Beobachtungsrohre, Bohrlöcher etc.
Nähere Angaben über die hier angeführten Meßstellen, wie Höhenlage des Meßpunktes, Tiefe der Brunnensohle sowie über den geologischen Aufbau sind aus den Ganglinien der einzelnen Brunnen zu ersehen (Anlagen 1 bis 21).

denen Verhaltensweisen des Grundwasserspiegelverlaufs quer durch den hessischen Teil des Oberrheingrabens. Die nördliche Meßstellenreihe, die sich vom Rhein bei Hessenaue bis zum Staatsforst am Landwehrgraben hinzieht, ist durch die Brunnen

Nr.	Lage	Meßergebnisse auswertbar seit
527/153	Gemarkung Hessenaue	1950
527/154	Gemarkung Hessenaue	1950
527/155	Gemarkung Geinsheim	1950
527/156	Gemarkung Geinsheim	1950
527/157	Gemarkung Wallerstädten	1950
527/158	Gemarkung Dornheim	1951
527/159	Gemarkung Dornheim	1950
527/160	Gemarkung Büttelborn	1950
527/52	Büttelborner Wald	1949
527/161	Gemarkung Büttelborn	1950

gekennzeichnet. Das südliche Profil verläuft vom Altrhein bei Hofheim bis zum Odenwaldrand nördlich Heppenheim. Zu ihm gehören die Brunnen:

544/3	Gemarkung Hofheim	1951
544/4	Hofheim Sportplatz	1951
544/5	Gemarkung Hofheim	1951
544/7	Gemarkung Bürstadt	1952
544/8	Gemarkung Riedrode	1952
544/9	Gemarkung Einhausen	1951
544/10	Gemarkung Einhausen	1951
544/164	Lorsch	1950
544/11	Gemarkung Heppenheim	1951
544/12	Gemarkung Heppenheim	1951

Zur weiteren Ergänzung wurden noch die folgenden Stationen ausgewählt:

Nr.	Lage	Meßergebnisse auswertbar seit
527/4a	Astheim	1949
527/8a	Erfelden	1949
527/150	Gemarkung Griesheim	1950
527/43	Gemarkung Biebesheim "Große Bütt"	1930
544/2a	Forsthaus Jägersburg	1949
544/103a	Gemarkung Bobstadt	1953
544/124	Försterei Wildbahn	1949

sowie die Brunnen der Gemarkung Heppenheim

544/32	Bickenbacher Wiesen	1955
544/34	Alte Pferch	1955
544/35	An der Weschnitz	1955
544/38	In d. kl. Weidäcker	1955
544/40	Die Farrenäcker	1955

Zur Ermittlung der Trendlinien dienten außer den Ergebnissen der Brunnen 527/22, 527/43, 527/44, 527/153 und 544/27 noch zusätzlich die Jahresmittelwerte der Brunnen:

527/5	Ginsheim	beobachtet von 1913 bis 1943
527/21	Darmstädter Wasserwerk-Meßrohr 26 C	" " 1914 bis 1960
527/38	Oberes Königstädter Forsthaus	" " 1921 bis 1960
544/2	Jägersburger Forsthaus	" " 1921 bis 1937.

Die hier aufgeführten Meßstellen, über deren regionale Verbreitung Abb. 9 Auskunft gibt, bilden im wesentlichen die Grundlage für die nachfolgenden Untersuchungen. Vorangestellt werden Betrachtungen über den durchschnittlichen Flurabstand des Grundwasserspiegels und über den Jahresgang. Daran soll sich eine Untersuchung über die den Grundwasserstand beeinflussenden natürlichen Faktoren anschließen; denn erst, wenn man diese erfaßt hat, kann man daran denken, die künstlichen Einflüsse zu suchen.

Der durchschnittliche Flurabstand des Grundwasserspiegels.

Nicht überall gibt die im Beobachtungsrohr gemessene Höhe den tatsächlichen Flurabstand der Grundwasseroberfläche an. Wird ein Grundwasserspiegel innerhalb undurchlässigen bzw. schwer durchlässigen Materials beobachtet, beispielsweise in Tonen und auch tonigen Lehmen, zeigt sich im Brunnen ein "Druckspiegel", das ist der Grundwasserspiegel bei gespanntem Grundwasser. Ob es sich bei den Spiegeln der untersuchten Ganglinien um die wahre Grundwasseroberfläche oder um einen Druckspiegel handelt, kann man aus den Bodenartenprofilen ersehen, die den einzelnen Ganglinien vorangestellt wurden. (Anlagen 1 bis 21).

Der Abstand des Grundwasserspiegels von der Erdoberfläche geht aus den Profilen hervor, die auf Grund der beiden ausgewählten, quer durch das hessische Ried verlaufenden Brunnenreihen erstellt und in welche die mittleren Grundwasserstände von drei Monaten mit voneinander abweichenden Meßergebnissen eingetragen wurden: Juli 1953, Juli 1952 und Oktober 1959 (Abb. 10 und 11), wobei die beiden Juli-Monate typisch für die Vegetationsperiode sind.



Das Untersuchungsgebiet und die benutzten

Die Grundwasserstände der ausgewählten Monate sind in erster Linie das Resultat bestimmter Witterungsvorgänge. Zum besseren Verständnis der Zusammenhänge soll hier kurz der entsprechende Witterungscharakter skizziert werden:

1953: Vorausgegangen war ein niederschlagsreicher Winter. Besonders der Juni 1953 war wieder durch reichliche Niederschläge gekennzeichnet; Die Station Darmstadt-Rosenhöhe meldete 115 mm, Station Lindenfels/Odenwald 142 mm. Stellenweise kam es zu schweren Gewittern mit Wolkenbrüchen, besonders auch im Gebiet der südlichen Bergstraße. Im Juli wurden ebenfalls noch recht erhebliche Niederschlagsmengen registriert (Darmstadt 88 mm, Lindenfels 129 mm). Der Rhein führte Hochwasser.

1952: Schon im Mai 1952 fielen im ganzen Untersuchungsgebiet außerordentlich geringe Niederschläge. Darmstadt meldete nur 17 mm, Lindenfels 28 mm. Auch in den beiden folgenden Monaten wurden keine höheren Werte gemessen, so daß das während der Vegetationsperiode auftretende Niederschlagsdefizit sowie die gleichzeitige starke Verdunstung zu Austrocknungserscheinungen des Bodens führen mußte. Am Rhein wurde Niedrigwasser beobachtet.

1959: Das ganze Jahr 1959 war außergewöhnlich trocken. Der September brachte 2 mm Niederschläge in Darmstadt und 7 mm in Lindenfels, wodurch sich die Trockenheit der vergangenen Monate fortsetzte. Im Oktober kam es zwar zu geringen Regenfällen (Darmstadt 55 mm, Lindenfels 85 mm), doch konnten dieselben keine wesentliche Veränderung der Verhältnisse herbeiführen. Die Rheinpegel zeigten extrem niedrige Werte.

Die Verbindungslinien zwischen den Grundwasserständen der einzelnen Brunnen in den gleichen Monaten ergeben eine Profillinie des Grundwassers von Ost nach West und zeigen in Beziehung zum morphologischen Profil die entsprechenden Flurabstände an. Selbstverständlich lassen die Ost-West-Schnitte den Flurabstand nur dort genau bestimmen, wo Brunnen die entsprechenden Meßdaten liefern. Im Gebiet zwischen diesen Beobachtungsstellen handelt es sich immer nur um interpolierte Werte, die nicht ausschließen, daß auf engstem Raum starke Unterschiede im Flurabstand des Grundwasserspiegels auftreten können.

Nördliches Profil (Abb. 10):

Der nordwestlich von Darmstadt in westlicher Richtung dahinfließende Darmbach lagerte eine beträchtliche schwach-humose und schwach-lehmige Sandmasse ab, die noch tief in den Büttelborner Wald hinein nachzuweisen ist. Innerhalb dieses Schwemmfächers liegt das Grundwasser auch mit seinen Hochständen über 2 m unter Flur. Am Rande des Darm-Schuttkegels, bei Brunnen 527/52 sowie im Gebiet der Brüche, die ihre Entstehung dem alten Neckarlauf verdanken, beträgt der Abstand des Grundwasserspiegels von der Erdoberfläche nur noch wenige Dezimeter, maximal 1 m. Nach Westen hin vergrößert sich dann der Flurabstand - er beträgt bei Brunnen 527/158 im Durchschnitt etwa 2 m, um im Bereich der Niederterrasse zum Teil wieder recht gering zu werden. In den kleinen alluvialen Tälchen steht der Grundwasserspiegel nur einige Dezimeter unter Flur. Das ist für die landwirtschaftliche Nutzung dieser Gebiete entscheidend. Selbst im Oktober 1959, am Ende des extrem trockenen Sommers, lag der Grundwasserspiegel im Bereich der Teichwiese zwischen Geinsheim und Dornheim nicht tiefer als 1 m unter der Geländeoberfläche.

Südliches Profil (Abb. 11):

Das Grundwasser des südlichen Profils hat im Gegensatz zum nördlichen ein gleichmäßigeres Gefälle. Nur unterbrochen von der Weschnitz, fällt die Grundwasseroberfläche allmählich mit flacher Neigung zum Hauptvorfluter ab. Hier kommt besonders gut die Beziehung des Grundwasserspiegels zur Geländegestalt zum Ausdruck. Im Gebiet von Lorsch, wo mächtige Flugsanddecken abgelagert sind, befindet sich die Grundwasseroberfläche in einer Tiefe von über 7 m unter Flur. Erst im Bereich junger alluvialer Aufschüttungen wird der Flurabstand auch hier gering und erreicht selbst in Trockenzeiten kaum 2 m (Brunnen 544/5, 7, 8).

Ost-West-Schnitt durch den Grundwasserspiegel

vom Büttelborner Wald nach Hessenau

(nördliches Profil)

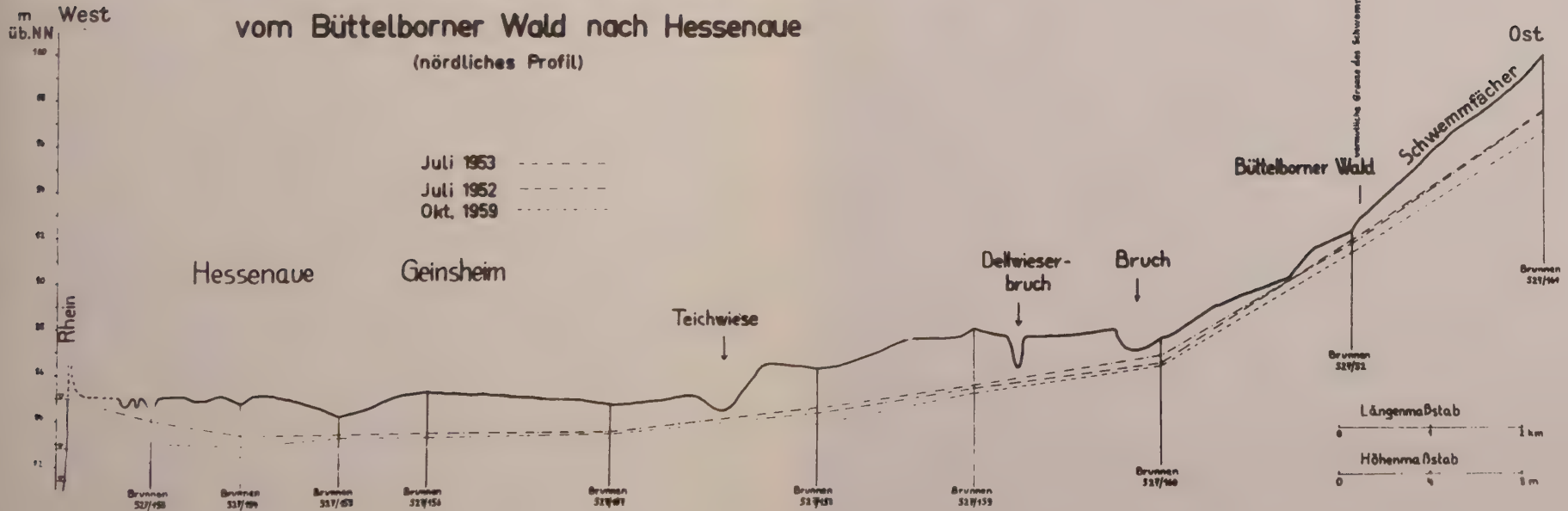


Abb. 10

Ost-West-Schnitt durch den Grundwasserspiegel

vom Rickenbruch bei Heppenheim
nach Hofheim/Ried

(südliches Profil)

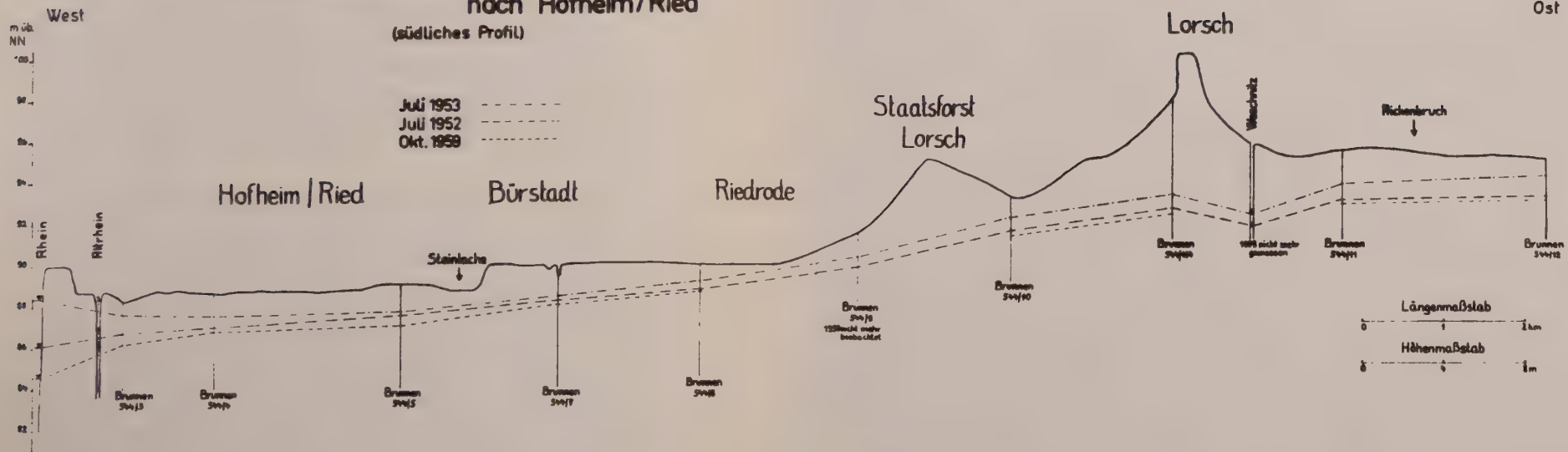


Abb. 11

Die Grundwasserprofile zeigen auch, daß sich die Veränderungen des Grundwasserspiegels bei in den Grundzügen gleichem Witterungscharakter von Brunnen zu Brunnen durchaus unterschiedlich vollziehen. Die Ursache hierfür mag im uneinheitlichen Bodenaufbau und in der dadurch bedingten verschiedenen Permeabilität des Grundwasserleiters zu suchen sein. Daß die Grundwasserstände des feuchten Juli 1953 bei den Brunnen 544/11 und 544/12 (südliches Profil) mit einem so erheblichen Abstand über die Spiegelstände der beiden trockenen Monate in den Jahren 1952 und 1959 aufragen, kann als eine Folge der besonderen Witterungserscheinungen im südlichen Bergstraßengebiet zu werten sein. Auch besteht gerade im südöstlichen Teil des Rieds die Möglichkeit, auf solche plötzlichen Abflußänderungen sofort zu reagieren. Das ist im besonderen im Bereich der Heppenheimer Riedwiesen der Fall.

Der außerordentlich geringe Flurabstand des Grundwasserspiegels im Gebiet der sogenannten Heppenheimer Riedwiesen¹⁰⁷⁾ stellt ein besonders Phänomen innerhalb des hessischen Rieds dar. Hier treten - vom Odenwald kommend - zahlreiche Bäche in die Ebene ein, die nach einer relativ kurzen Laufstrecke in die hier von Süden nach Norden fließende Weschnitz entwässern. In Zeiten starker Wasserführung kommt es meist zu einem Rückstau und damit auch zu einem Ansteigen des Grundwasserspiegels. Außerdem ist aber auch - und dies wiederum besonders bei anormalen Abflußverhältnissen - eine direkte Beeinflussung des Grundwassers durch die oberflächlichen Gewässer möglich. Das Wasser in den Bächen und Gräben steht hier im Zusammenhang mit dem Grundwasser, vorwiegend dort, wo Flugsandinseln oder eine nur dünne Überschlickungsdecke das Eindringen von Oberflächenwasser

107) Vgl. auch Abschnitt C 3a dieser Arbeit.

begünstigen. Im Gebiet der Heppenheimer Riedwiesen entstand so ein regelrechtes "Grundwasserkissen", das bestimmte landwirtschaftliche Nutzungsformen bedingt. Die Grundwassergleichen lassen in diesem Bereich auch eine Abweichung der Fließrichtung des Grundwassers vom allgemeinen Ost-West-Verlauf erkennen; hier zeigt sich eine von Süden nach Norden gerichtete Strömung¹⁰⁸⁾.

Aus den bisherigen Betrachtungen geht hervor, daß die Lage des Grundwasserspiegels unter Flur im hessischen Ried im einzelnen uneinheitlich ist. Die Differenzen zwischen den Höchstständen im Juli 1953 und den extrem tiefen Werten im Oktober 1959 betragen aber selten mehr als 1 m. Dort, wo der Grundwasserspiegel von vornherein nur wenige Dezimeter unter der Erdoberfläche steht, sinkt er auch in Trockenzeiten nur geringfügig ab, so daß der Flurabstand hier meist nicht größer als 1,50 m wird (vgl. Brunnen 527/52, 160, 157, 155 und 544/8 und 7). Liegt das Grundwasser schon mit seinen höchsten Ständen während der Vegetationsperiode so tief, daß es für die Wasserversorgung der Pflanzen ausschaltet, so ist auch ein noch größerer Flurabstand in niederschlagsarmen Zeiten ohne Bedeutung.

Über die Lage des Grundwasserspiegels unter Flur im hessischen Ried erhält man auch durch eine Karte von BURRE Auskunft, in die er für einen bestimmten Stichtag, den 2. Juli 1951, neben den Grundwassergleichen die Flurabstände der bis dahin vorhandenen Meßbrunnen eingezeichnet hat¹⁰⁹⁾.

108) Vgl. die vom Hess. Landesamt f. Bodenforschung, Wiesbaden, erstellte Grundwassergleichenkarte für das Niederschlagsgebiet der Weschnitz zum Gutachten 1955. Grundwassergleichen, Grundwasserhöhenlinien oder Grundwasserisohypsen sind Linien gleicher Spiegelhöhe über NN.

109) Grundwassergleichen über NN, Grundwasserstände unter Flur und Wasserwerke in der Oberrheinischen Tiefebene zwischen Rhein-Main-Odenwald-Neckar am 2. Juli 1951.
In: BURRE 1952, Tafel 23.

Von den recht gleichmäßig verteilten Meßstellen des Untersuchungsgebietes weisen zu diesem Zeitpunkt etwa $2/3$ einen Flurabstand bis zu 2 m auf, und nur bei $1/3$ der Brunnen liegt der Grundwasserspiegel tiefer als 2 m unter der Erdoberfläche¹¹⁰⁾.

Eine Karte der Grundwassergleichen kann nur unter besonderen Voraussetzungen zur Ermittlung des Flurabstandes herangezogen werden. Die von BERO erstellten "Grundwasser-Höhenschichten in der Hessischen Rheinebene am 20. IX. 1923" besitzen z. B. nur einen sehr geringen Aussagewert¹¹¹⁾. Sie stützen sich einmal auf Meßdaten einer zu geringen Anzahl von Brunnen, zum anderen ergibt die Beziehung dieser Grundwassergleichen zu der entsprechenden Geländehöhe eine starke Diskrepanz. Der Grundwasserspiegel müßte daraufhin in weiten Bereichen des hessischen Rieds über der Erdoberfläche liegen! Diese Karte muß zur Feststellung des Flurabstandes im September 1923 ausschalten und kann daher auch nicht zum Vergleich mit der von BURRE für 1951 entworfenen Karte dienen.

Eine Flurabstandskarte liegt bisher nur für das südliche Untersuchungsgebiet vor¹¹²⁾. Sie wurde nicht nur mit Hilfe der vorhandenen amtlichen Meßbrunnen, sondern durch noch zusätzliche einmalige Beobachtungen von Wasserwerks- und Beregnungsbrunnen sowie von privaten Meßstellen etc. erstellt. Im Rahmen dieser Untersuchungen war es leider nicht möglich, eine solche Karte herzustellen, da die hierfür erforderlichen Mittel nicht zur Verfügung standen. Es kommt hier auch in erster Linie darauf an, die Grundwasserstandsentwicklung über einen längeren Zeit-

110) Vgl. auch S. 184 dieser Arbeit.

111) BERO 1933.

112) Es handelt sich hierbei um eine für den Weschnitz-Rahmenplan im Auftrage des Wasserwirtschaftsamtes, Darmstadt, vom Hess. L.-Amt f. Bodenforschung, Wiesbaden, hergestellte Karte (noch unveröffentlicht) im Maßstab 1:100.000 für den 11. 11. 1957.

raum im hessischen Ried zu verfolgen und ihre möglichen Ursachen aufzuzeigen. Darüber geben die langjährigen Grundwasserbeobachtungen den sichersten Aufschluß.

Zunächst soll aber erst ein kurzer Überblick über den Jahresgang der Grundwasserstände erfolgen.

Der Jahresgang der Grundwasserstände.

Wenn man von den durch das verschiedenartige Witterungsgeschehen hervorgerufenen Varianten absieht, zeigt der Grundwasserspiegel jedes einzelnen Brunnens einen für ihn typischen Gang. Dieser wird kenntlich, wenn man den mittleren Jahresverlauf des Grundwasserspiegels errechnet, wie er sich aus einer Aneinanderreihung der mittleren Grundwasserstände eines jeden der 12 Monate ergibt. Auf diese Weise wurden für die ausgewählten Brunnen die Jahresgänge ermittelt. Wie zu erwarten war, sind sie keinesfalls homogen, sondern gehören bestimmten Typengruppen an, die besonders herausgestellt werden sollen.

Bei der Betrachtung des Jahresganges müssen die verschiedenen den Grundwasserspiegel der einzelnen Brunnen beeinflussenden Faktoren berücksichtigt werden: Es sind Klima, Zusammensetzung des Bodens, Bodenbedeckung, Lage im Gelände, Oberflächengestalt, durchschnittlicher Abstand des Grundwasserspiegels unter Flur, Lage zum Vorfluter, die Tiefe des Meßrohres sowie auch in der Nähe von Wasserwerken die durch Grundwasserförderung hervorgerufenen Einflüsse. Dem Klima, und hier wiederum Sättigungsdefizit¹¹³⁾ und Niederschlag

113) Das Sättigungsdefizit ist "ein Ausdruck für diejenige Menge Wasserdampf, welche von der Luft, entsprechend ihrem vorhandenen Feuchtigkeitsgrade und ihrer Temperatur, noch aufgenommen werden kann." (Nach KEILHACK 1935, S. 161).

kommt die Hauptbedeutung zu. Diese meteorologischen Elemente stehen in einem bestimmten Verhältnis zueinander und prägen dadurch den Grundwasserspiegel-Jahresgang. Vergleicht man den mittleren Jahresverlauf von Niederschlag und Sättigungsdefizit, so zeigt sich eine interessante Verteilung der Minima und Maxima. In der nachfolgenden Gegenüberstellung sind die Niederschlagsstationen Viernheim und Darmstadt-Rosenhöhe ausgewählt worden; das Sättigungsdefizit wurde in Berlin und Kassel ermittelt. Die Werte dieser beiden zuletzt genannten Stationen können jedoch auch für diese Untersuchung als repräsentativ angesehen werden¹¹⁴⁾:

Mittlerer Jahresgang des Niederschlages in mm												
Station	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Viernheim	47	45	46	<u>38</u>	<u>38</u>	50	57	72	<u>76</u>	69	65	53
Da. -Rosenh.	51	53	46	<u>41</u>	42	49	55	72	<u>79</u>	73	63	59

Mittlerer Jahresgang des Sättigungsdefizits in mm												
Station	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Berlin	1,2	<u>0,7</u>	0,7	1,1	1,9	3,1	4,9	6,0	<u>6,4</u>	4,8	4,0	1,8
Kassel	1,1	0,7	<u>0,6</u>	1,0	1,8	2,9	4,3	4,4	<u>4,7</u>	3,7	2,5	1,4

Man erkennt daraus, daß die niedrigsten Werte sowohl beim Niederschlag als auch beim Sättigungsdefizit im Winterhalbjahr zu finden sind und - das ist für die vorliegende Betrachtung noch wichtiger - die höchsten Beträge in beiden Fällen in die Sommermonate mit dem absoluten Maximum im Juli fallen. Damit ergibt sich die Frage nach der Wertigkeit dieser beiden Elemente. Das Untersuchungsgebiet ist, wie bereits hervorgehoben, durch eine geringe durchschnittliche Regenmenge

114) KEILHACK 1935, S. 164.

- auch während des Sommers - und erhebliche Durchschnittstemperaturen gekennzeichnet. Daher wird der Grundwasserspiegel-Jahresgang vorwiegend durch das Sättigungsdefizit bestimmt und erst in zweiter Linie durch die Niederschläge. Das heißt, daß der Grundwasserspiegel in den Sommermonaten seinen tiefsten Stand erreichen muß. Dieses sommerliche Absinken des Grundwasserstandes wird noch durch den Wasserverbrauch der Vegetation gesteigert.

Es kommt nun weiter darauf an, ob die zu untersuchenden Brunnen unter dem Einfluß eines mehr ozeanischen oder mehr kontinentalen Klimas stehen. Überwiegt das ozeanische, so steht einmal mehr Niederschlagswasser zur Verfügung, zum anderen ist infolge der kurzen Frostperiode eine Wassereinsickerung auch während der Wintermonate möglich. Dies bewirkt ein Ansteigen des Grundwasserspiegels bereits in den Herbstmonaten und läßt den Höchststand im Januar/Februar entstehen. Mit dem Einsetzen der stärkeren Verdunstung wird die Grundwasserneubildung herabgemindert und damit das Absinken des Grundwasserspiegels eingeleitet. Anders verhält sich der Jahresgang des Grundwasserspiegels, wenn der kontinentale Einfluß vorherrscht. Die im Winter in fester Form fallenden Niederschläge und die jeweils mehr oder weniger auftretende Gefrorenis der oberen Bodenschichten vermindern das Einsickern des Wassers und führen zu späteren Hochständen des Grundwasserspiegels, die durchschnittlich im April/Mai liegen. Auch die Tiefstände sind hier gegenüber dem ozeanischen Typ verschoben.

Im Untersuchungsgebiet liegen weder rein ozeanische noch rein kontinentale Typen vor. Das hessische Ried ist durch seine Lage mehr dem gemäßigt-kontinentalen Einflußbereich zugeordnet und weist auch in bezug auf den jährlichen Grundwassergang zu einem erheblichen Teil entsprechende Charakteristika auf.

Trotz der hervorragenden Rolle des klimatischen Faktors, der dem Grundwasser-Jahresgang im wesentlichen das Gepräge verleiht, können, lokal verschieden, auch die anderen bereits angeführten Einflüsse vorherrschen bzw. den Grundtyp abwandeln. So kann z. B. ein größerer Flurabstand eine Verzögerung der jährlichen Maxima und Minima und außerdem eine ausgeglichene Amplitude bewirken. Nicht zu unterschätzen ist auch der Einfluß des Bodenaufbaus¹¹⁵⁾.

Eine symptomatische Erscheinung stellt bei den Brunnen in Rheinnähe das Abhängigkeitsverhältnis vom Hauptvorfluter dar. Hier tritt der sonst primäre Einfluß des klimatischen Faktors zugunsten des Stromes weit zurück.

Deutlich kann man im Untersuchungsgebiet 3 Haupttypen des Jahresganges der Grundwasserstände unterscheiden, die infolge der Verteilung ihrer Maxima und Minima voneinander abweichen:

1. Typ: Grundwasser-Maximum im Sommer-Halbjahr.

Grundwasser-Minimum im Winter-Halbjahr.

Auffallend bei diesem Typ ist, daß neben dem primären Maximum, das allgemein im Juli auftritt, noch sekundäre Maxima über das ganze Jahr verteilt erscheinen können. Man trifft diesen Typus in der vom Rhein beeinflussten Zone an, wo er mit immer stärkerer Annäherung an den Strom den Verlauf der Flußwasserstände widerspiegelt. Als Beispiel hierfür seien die Brunnen 527/8a, 527/44, 527/153, 527/154 genannt. Je größer die Entfernung vom Rhein wird, umso mehr erfolgt eine Angleichung an den

115) Vgl. die den Ganglinien vorangestellten Bodenprofile (Anlagen 1 bis 21).

2. Typ: Grundwasser-Maximum im April.

Grundwasser-Minimum im September/Okttober.

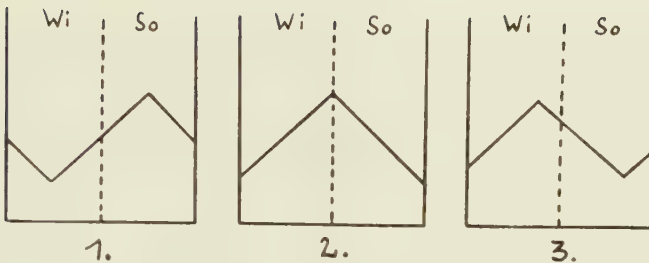
Damit entspricht dieser Typ den im hessischen Ried im wesentlichen herrschenden klimatischen Bedingungen, die, wie bereits erwähnt, als gemäßigt-kontinental zu bezeichnen sind. Weite Teile, besonders des südlichen hessischen Rieds, werden durch diesen Jahresgang charakterisiert, so z. B. die Brunnen 544/2a, 544/6, 544/27, 527/158.

3. Typ: Grundwasser-Maximum im Februar/März.

Grundwasser-Minimum im August/September.

Hier treten die Höchst- und Tiefstwerte früher auf als beim 2. Typ; er tendiert demzufolge mehr zum ozeanischen Charakter hin. Die durch einen solchen Verlauf gekennzeichneten Brunnen befinden sich vor allem im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes (z. B. Brunnen 544/12). Bedingt durch die Lage am Gebirgsrand stehen hier größere Wassermengen zur Auffüllung des Grundwasserkörpers zur Verfügung, die auch einen früheren Anstieg des Grundwasserspiegels bewirken können. - Außerdem ist dieser Typ in einigen Teilen des nördlichen hessischen Rieds nachweisbar, wo der Flurabstand des Grundwasserspiegels gering ist, wie beispielsweise bei den Brunnen 527/160, 527/52 und 527/150.

Zusammenfassend soll noch eine schematische Darstellung die drei Grundtypen des Jahresganges veranschaulichen, wie sie sich in mehr oder weniger abgewandelter Form bei den einzelnen Ganglinien nachweisen lassen.



Typen des Grundwasserspiegel-Jahresganges
im hessischen Ried

1. Rhein - Typ
2. Gemäßigter - kontinentaler Typ
3. Ozeanischer Typ

Abb. 12

Der langjährige Gang der Grundwasserstände mit seinen besonderen Beziehungen zu den klimatischen Verhältnissen.

Als Grundlage dieser Untersuchung sollen zunächst die Beobachtungsergebnisse von 4 Brunnen dienen, deren Messungen soweit wie möglich zurückreichen und die gleichzeitig über das ganze Untersuchungsgebiet verstreut sind: Brunnen 527/22, 544/27, 544/6 und 527/44. Damit kurzfristig auftretende Einwirkungen auf den Grundwasserspiegel weitgehend ausgeschaltet werden, wurden jährliche Durchschnittswerte in Form von Ganglinien aufgetragen, die es gestatten, das Verhalten des Grundwasserspiegels über einen längeren Zeitraum hin zu erkennen. Betrachtet man diese Ganglinien, so fällt das allen Brunnen gemeinsame Absinken des Grundwasserspiegels bis etwa 1950 auf. Während dieser Zeit treten wohl Jahre mit höheren Spiegellagen auf, doch können sie die allgemeine Tendenz nicht beeinträchtigen.

Bei Brunnen 527/22 (Darmstädter Wasserwerk) fällt der Spiegel bis 1950 gegenüber dem Hochstand der Beobachtungsperiode im Jahre 1924 um 1,50 m ab. Bis zum Jahre 1958 steigt der Grundwasserspiegel dann wieder um ca. 0,65 m (Abb. 13) an. Ob die Tiefstände der beiden letzten Beobachtungsjahre 1959 und 1960 eine weitere Periode niedriger Grundwasserstände einleiten oder ob die mit dem Jahre 1951 begonnene ansteigende Tendenz - nur durch die beiden genannten Jahre unterbrochen - anhält, werden erst zukünftige Messungen zeigen.

Bei den Ganglinien der Brunnen 544/27 (Abb. 14) sowie 544/6 und 527/44 (Abb. 15) läßt sich, soweit die Lücken in den Beobachtungsreihen einen Vergleich gestatten, auch der gleiche Charakter des Verlaufes nachweisen wie bei der Meßstelle 527/22, obwohl die einzelnen Brunnen auch durchaus Abweichungen zeigen.

Dem Verlauf des Spiegelganges im Brunnen 527/22 entspricht derjenige im Brunnen 544/27 (Lorscher Wald) am meisten. Er läßt fast durchweg die gleichen Jahre mit hohen und niedrigen Ständen erkennen wie bei der vorgenannten Meßstelle. Bei Brunnen 544/27 fällt der Grundwasserspiegel, der hier allerdings erst 1952 seinen tiefsten Wert erreicht, um 1,30 m gegenüber 1925 ab; bis 1957 hebt er sich wieder um 0,55 m.

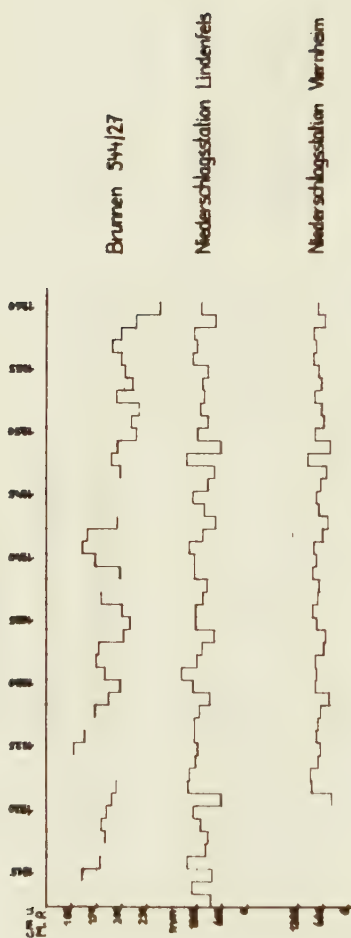
Auch der Gang im Brunnen 544/6 (Groß-Rohrheim) läßt diese Grundtendenzen klar erkennen. Hier sinkt der Grundwasserspiegel um einen Betrag von 1,10 m von 1924 bis 1950 ab. 1956 hat sich der Spiegel in diesem Brunnen wieder um 0,80 m gehoben und hat sich damit dem Stand von 1924 bis auf 0,30 m angeglichen.

Brunnen 527/44, dessen Reihe in jährlichen Mittelwerten erst 1931 einsetzt, weicht im wesentlichen nur durch die größere Schwankung seines Spiegelganges von den bereits betrachteten Meßstellen ab. Von 1931 bis 1950 sinkt der Grundwasserspiegel hier um 1,60 m ab. Das sind 0,40 m mehr als in der gleichen Zeit bei Brunnen 544/6.



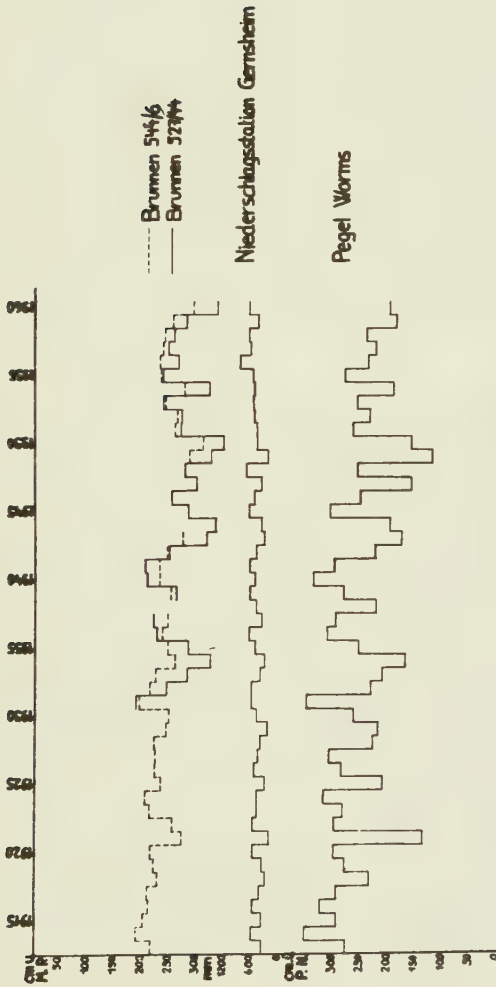
Gang der Grundwasserstände und des Niederschlags in Jahreswerten

Abb. 13



Gang der Grundwasserstände und der Niederschläge
in Jahreswerten

Abb. 14



Gang der Grundwasserstände,
des Niederschlags und des Rheinwasserstandes
in Jahreswerten

Abb. 15

Für den Zeitraum vor 1913 liegen nur die Meßergebnisse des Beobachtungsbrunnens 1 des Darmstädter Wasserwerkes vor, die STEUER im Generalkulturplan für das hessische Ried veröffentlicht hat¹¹⁶⁾ (Abb. 16). Über diesen Brunnen liegen leider keinerlei Unterlagen mehr vor¹¹⁷⁾, so daß seine genaue Lage nicht mehr ermittelt werden kann und auch eine Umrechnung der hier in Kalenderjahren angegebenen Jahresmittelwerte in Abflußjahre nicht möglich ist¹¹⁸⁾.

Da keine weiteren langjährigen Beobachtungen ab 1880 aus anderen Teilen des hessischen Rieds vorliegen und demzufolge keine Vergleichsmöglichkeiten bestehen, darf man den Wert dieser alten Reihe nicht überschätzen. Dies gilt besonders im Hinblick auf die ersten Jahre der Beobachtungsreihe mit ihren außergewöhnlich hohen Grundwasserständen¹¹⁹⁾.

Zum Zwecke einer möglichst exakten Deutung der hier beschriebenen Gegebenheiten sollen im folgenden die klimatischen Verhältnisse während des zu untersuchenden Zeitabschnittes betrachtet werden.

Zunächst soll der Zusammenhang zwischen den Schwankungen des Niederschlages und denjenigen des Grundwasserstandes aufgedeckt werden.

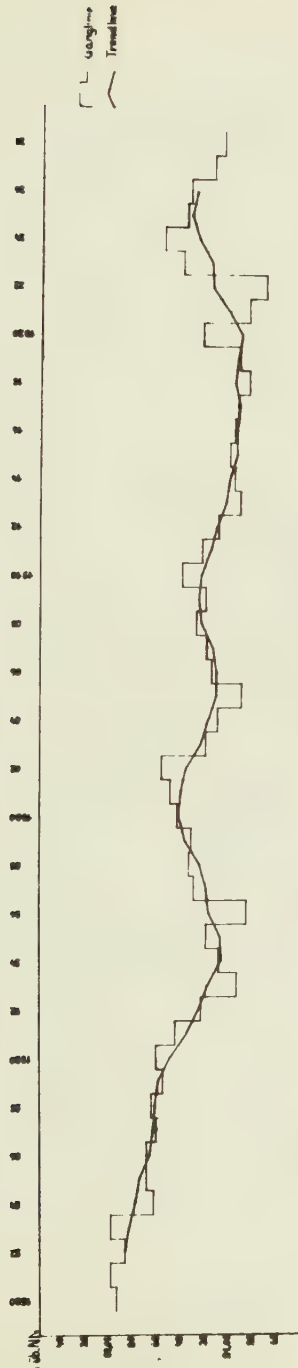
Wird hier vor allem die Höhe des fallenden Niederschlages berücksichtigt, so ist klar, daß auch die Dauer des Niederschlages sowie seine Intensität und Verteilung eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen.

116) STEUER 1929, S. 24/25.

117) Nach einer Mitteilung der Südhessischen Gas- und Wasser A. G., Darmstadt.

118) Sämtlichen Berechnungen dieser Arbeit wurden - wenn nicht anders vermerkt - Abflußjahre (1. November bis 31. Oktober) zugrunde gelegt.

119) Vgl. S. 138 dieser Arbeit.



Gang der Grundwasserstände von 1880 bis 1928 im Beobachtungsbrunnen 1
des Darmstädter Wasserwerkes
(nach Kalenderjahren)
Umgezeichnet nach A. Steuer, 1929 S. 24/25

Ferner sind Bodenbedeckung, Bodenart sowie auch der Durchlässigkeit des Bodens entsprechende Bedeutung zuzumessen.

Stellt man nun die mittleren Jahresgrundwasserstände den Jahressummenwerten des Niederschlages gegenüber, wie es in den Abbildungen 13, 14 und 15 getan wurde, so werden einzelne Beziehungen deutlich, besonders hinsichtlich der Auswirkungen niederschlagsarmer Jahre auf den Grundwasserspiegelverlauf.

Will man Zeiten mit außergewöhnlichen Grundwasserständen erklären, seien es solche mit sehr hohen oder sehr niedrigen Spiegeln, so ist es erforderlich, nicht nur die zur gleichen Zeit gemessenen Niederschläge, sondern vor allem die Niederschlagsverhältnisse vergangener Monate bzw. Jahre zu berücksichtigen. Der Grundwasserspiegel reagiert auf niederschlagsreiche bzw. niederschlagsarme Jahre meist nicht sofort, sondern spricht auf diese Veränderung mit einer Verzögerung an, die je nach dem Grad der Abweichung vom durchschnittlichen Niederschlagsgang und je nach den natürlichen Bedingungen des Brunnenstandortes verschieden groß ist. Der Spiegel kann sich dann auch nur langsam wieder erholen und strebt ganz allmählich wieder seinen durchschnittlichen Stand an. Wie lange der Grundwasserspiegel hierzu braucht, hängt wesentlich vom Witterungscharakter der folgenden Jahre ab. Treten z. B. im Anschluß an ein extrem trockenes Jahr zunächst nur Jahre mit normalen Niederschlagsmengen auf, so wird das Grundwasser noch längere Zeit unter dem Durchschnitt liegende Stände aufweisen. Man kann z. B. nach dem Dürrejahr 1921 die Beobachtung machen, daß der Grundwasserspiegel wohl 1921 bzw. 1922 seinen tiefsten Stand erreicht, sich aber in den folgenden Jahren alsbald seinem durchschnittlichen Verlauf angleicht. Dies ist hauptsächlich auf den Niederschlagsreichtum der Jahre 1922 bis 1924 zurückzuführen. Ganz anders verhält es sich nach dem Trockenjahr 1949, wo der Grundwasserspiegel noch unter dem

Einfluß der Dürre von 1947 stand; Die 1950 bzw. noch später registrierten niedrigsten Spiegelstände steigen nur ganz allmählich wieder an und werden erst durch die niederschlagsreichen Jahre 1956 bis 1958 stärker gehoben.

Katastrophal wirkte sich die Trockenheit des Jahres 1959 auf den Grundwasserspiegel aus. Im Jahre 1960 erreicht dieser einen Tiefstand, der bei vielen Brunnen die bisher gemessenen niedrigsten Stände um 1950 noch weit unterschreitet. Der zukünftige Verlauf der Grundwasserstände wird ebenfalls stark von den Niederschlagsverhältnissen der noch folgenden Jahre abhängen.

Zur Klärung der Frage nach den Ursachen des festgestellten Absinkens des Grundwasserspiegels ist aber vor allem die Kenntnis des Zusammenhangs zwischen langjähriger Niederschlagstätigkeit und langjährigem Grundwasserspiegelgang notwendig. Diese ist aus einer Gegenüberstellung der absoluten Jahressummenwerte des Niederschlages mit den mittleren Jahresgrundwasserständen nur schwer zu gewinnen. Deshalb wurde der langjährige Verlauf sowohl der Niederschlags- als auch der Grundwasserentwicklung in Form von Trendlinien dargestellt. Dabei erschien es zweckmäßig, diese Trends mit Hilfe der Methode der "beweglichen oder gleitenden Phasendurchschnitte" zu gewinnen¹²⁰⁾, womit ein starkes Zurückdrängen des Zufalls einzelner Jahre erreicht und die allgemeine Tendenz hervorgehoben wird. Diese Darstellungsweise wird auch von VAN EIMERN als die beste Methode angesehen, den langjährigen Verlauf der Grundwasserstände zu kennzeichnen¹²¹⁾.

120) FLASKÄMPER 1949, S. 143.

121) VAN EIMERN 1948, S. 141.

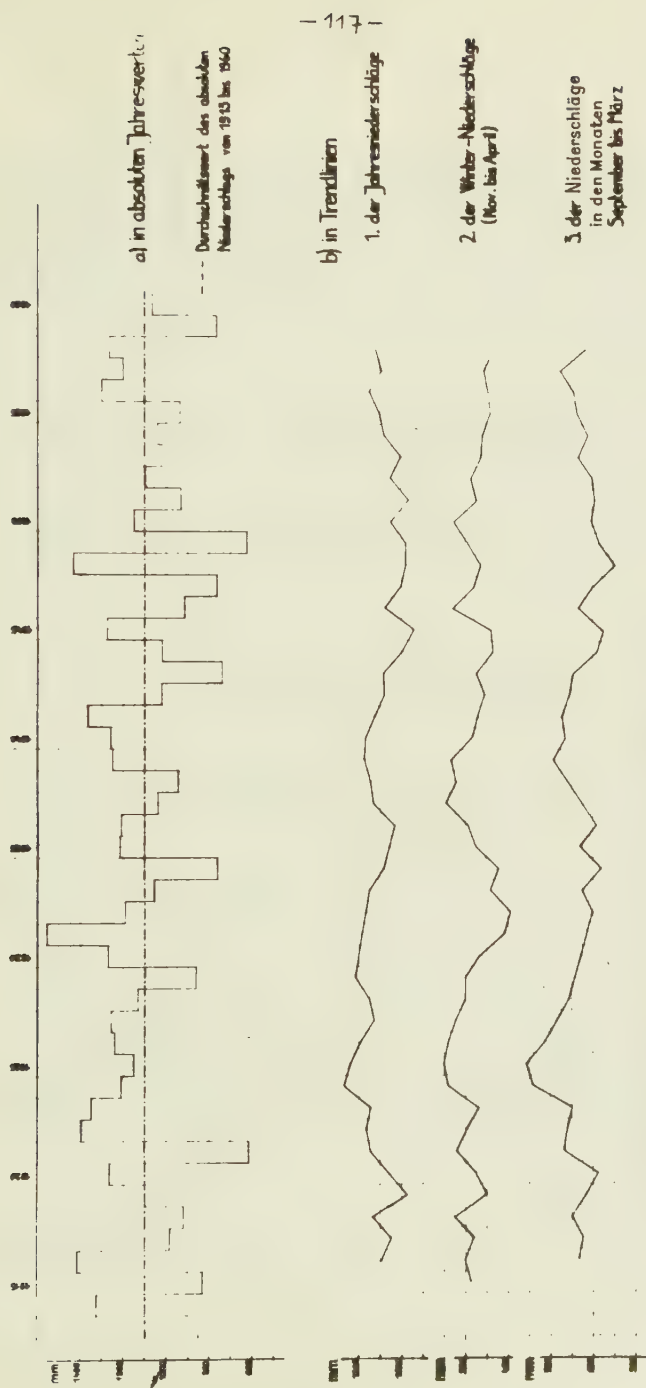
Es wurde in der Weise verfahren, aus jeweils 5 Jahren die Durchschnittswerte zu bilden und diese für das mittelste - dritte - Jahr zu setzen; die Durchschnittsbildung der nächsten 5-Jahres-Gruppe beginnt dann mit dem zweiten Jahr der ersten, wie es aus nachfolgendem Schema zu ersehen ist:

$$\frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5}{5} = a_3$$

$$\frac{a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6}{5} = a_4 \quad \text{usw.}$$

In Abb. 17 wurden die Niederschläge der Station Lindenfels/Odenwald in absoluten Jahreswerten und Trendlinien dargestellt. Die Trendlinie der Jahresniederschläge (b 1) läßt viel deutlicher als der Gang in absoluten Jahreswerten (a) erkennen, daß die Niederschläge abnehmen, und zwar vom Fünfjahresmittel 1922/26 bis 1943/47, um von hier ab bis zum Durchschnitt der Jahre 1954/58 wieder ganz allmählich anzusteigen. Vergleicht man nun die Trendlinie der Jahresniederschläge mit dem Grundwassertrend, so lassen sich wohl schon ähnliche Grundzüge nachweisen, besonders in bezug auf die absinkende Tendenz, doch sind diese Beziehungen noch nicht eindeutig. Dies wirft zunächst die Frage nach der Bedeutung der in den einzelnen Jahreszeiten bzw. Monaten fallenden Niederschläge für die Grundwasserneubildung auf.

Bekanntlich dient von dem fallenden Niederschlag nur ein relativ geringer Teil der Grundwasserneubildung, der größere Teil fließt oberflächlich ab bzw. verdunstet. Welcher Anteil der insgesamt fallenden Niederschlagsmenge in den verschiedenen Jahreszeiten den Grundwasserspiegel erreicht, läßt sich nicht genau nachweisen, da auswertbare Messungen hierüber noch fehlen. Auch die von KNOCH für Deutschland ange-



Niederschläge der Station Lindenfels/Odenwald

gegebenen Durchschnittswerte seien hier nur unter Vorbehalten angeführt¹²²⁾. Nach seinen Untersuchungen sollen von den im Sommer fallenden Niederschlägen nur rund 20 % den Grundwasserspiegel erreichen, im Winter dagegen 40 %. In dieser letztgenannten Jahreszeit sollen noch 28 % als Haftwasser, einschließlich Totwasser, im Boden gespeichert werden.

Ist es in der Hauptsache das Winterhalbjahr, das für die Auffüllung des Grundwasserkörpers in Frage kommt, so sind jedoch auch die Sommerniederschläge in dieser Hinsicht nicht bedeutungslos. Diese Feststellung trifft auch für das hessische Ried zu. In Abb. 20 wurden dem in monatlichen Mittelwerten dargestellten Grundwasserspiegelverlauf die Monatssummenwerte des Niederschlages gegenübergestellt. Beide Reihen wurden in Beziehung zu den langjährigen Monatsmitteln gesetzt, so daß die jeweiligen Überschüsse bzw. Fehlbeträge zu erkennen sind. Man ersieht aus dieser Darstellung, daß in Jahren mit besonders hohen Sommerniederschlägen, wie z. B. 1922, auch Anstiege des Grundwasserspiegels erfolgen. Die weit unter dem Durchschnitt liegenden Niederschlagsmengen des Jahres 1921 bedingen bis zum August des Jahres 1922 unter dem Mittelwert liegende Grundwasserspiegelstände, und erst ab Oktober setzt sprunghaft ein plötzlicher Anstieg ein, der nicht zuletzt auf die extrem hohen Niederschläge des Sommerhalbjahres 1922 zurückzuführen ist. Man muß sich also vor einer Verallgemeinerung hüten, daß der Sommerniederschlag für die Grundwasserernährung keine Rolle spielt. Diese Tatsache hebt auch NÜCHEL in seiner Arbeit über das Grundwasserregime in Deutschland hervor¹²³⁾

122) KNOCH 1950.

123) NÜCHEL 1958.

Es erscheint zunächst noch merkwürdig, daß der Trend der Winter-niederschläge (November bis April) (Abb. 17b 2) eine im wesentlichen gleichbleibende Tendenz aufweist, so daß hieraus das festgestellte Absinken des Grundwasserspiegelganges nicht erklärt werden kann. Damit kommt man für das Untersuchungsgebiet zu ähnlichen Ergebnissen, wie sie KELLER in bezug auf die Veränderung der Niederschlagssummen in den Jahren 1931 bis 1950 für das Bundesgebiet erzielt hat¹²⁴⁾. Er stellte fest, daß die Winterniederschläge in diesem Zeitraum keine wesentliche Verminderung erfahren haben. HORST¹²⁵⁾ kommt in seiner Arbeit, die sich auf Untersuchungen FISCHERS¹²⁶⁾ stützt, zu dem Ergebnis, daß der Überschuß des Niederschlages über die Verdunstung im Winter nur in den Monaten November bis März stark positiv ist, während die zum Sommerhalbjahr zu rechnenden Monate September und Oktober ebenfalls schon recht erhebliche Überschüsse aufweisen. Die Monate September bis März sind demzufolge für die Grundwasserneubildung entscheidend. Es sind auch diejenigen Monate, die außerhalb der Vegetationsperiode (April bis September) liegen und daher nicht dem verstärkten Wasserentzug durch die Vegetation unterliegen.

Welches Bild zeigt nun der langjährige Gang der Niederschläge in den Monaten September bis März?

In Abb. 17 (b 3) wurde dieser Verlauf ebenfalls in einer Trendlinie dargestellt. Daraus geht eine noch stärkere Abnahme der Niederschläge hervor als aus der Trendlinie der Jahresniederschläge.

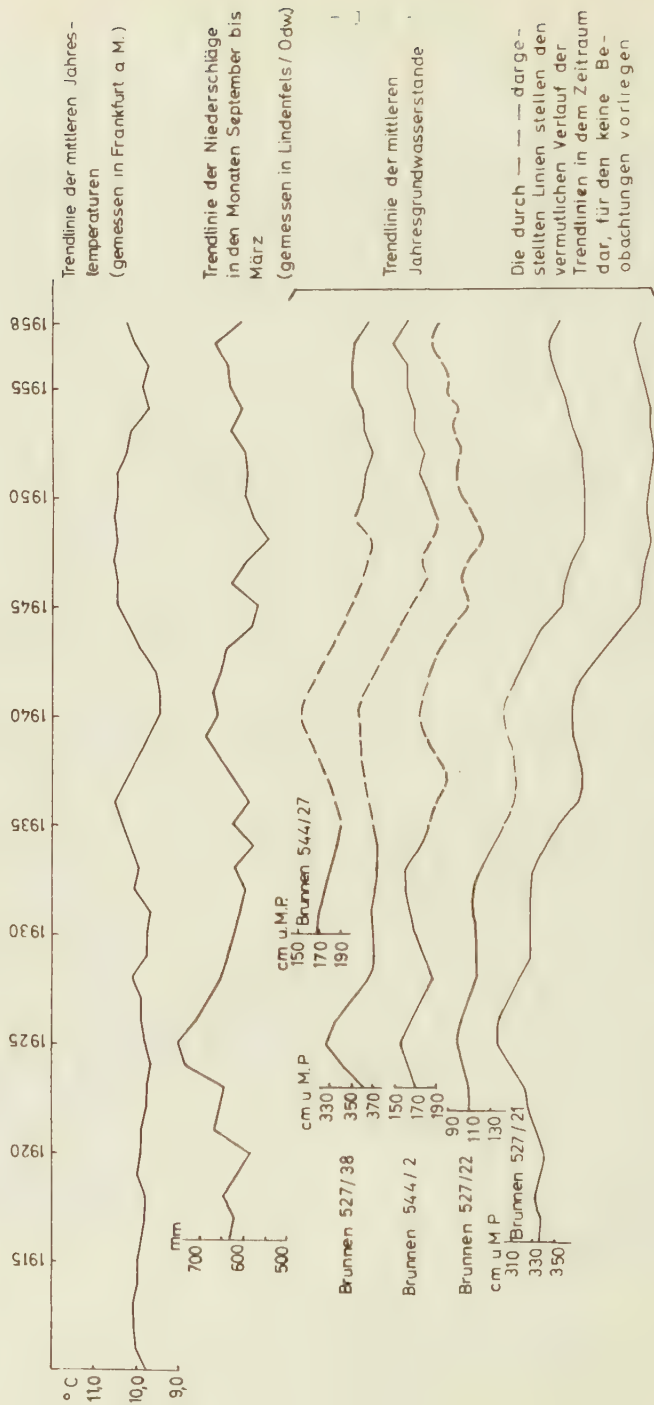
Vergleicht man nun den Niederschlagstrend der Monate September bis März mit den Trendlinien der Jahresmittelwerte der Grundwasserspiegel-lagen verschiedener Brunnen (Abb. 18), so kann man trotz der Lücken

124) KELLER 1958.

125) HORST 1955, S. 59.

126) FISCHER 1932.

Trendlinien der Temperatur, des Niederschlags und des Grundwassers



in den Beobachtungsreihen, die sich bei der Darstellung des Trends noch störender als bei derjenigen in absoluten Werten bemerkbar macht, enge Beziehungen ablesen.

Dem Hochstand der Jahre 1923/27 folgt sowohl beim Niederschlag als auch beim Grundwasser eine absinkende Tendenz, die nach kleineren (sekundären) Hebungen und Senkungen bis zum Durchschnitt der Jahre 1946/50 anhält und von hier ab bis 1955/59 wieder ansteigt. Der Grundwasserspiegel in den Brunnen 544/27 und 527/38 steht in seinem langjährigen Trend auch annähernd im gleichen Verhältnis zum Niederschlagstrend, während der Verlauf bei den Brunnen 527/22 und vor allem 527/21 eine wesentlich größere Absenkung erkennen läßt als der Trend der Niederschläge. Diese Erscheinung ist durch die starke künstliche Beeinflussung der beiden letztgenannten Brunnen zu erklären, die sich beide im engeren Einzugsgebiet des Wasserwerkes der Stadt Darmstadt bei Eschollbrücken befinden¹²⁷⁾.

Der Grundwasserspiegel im Brunnen 544/2, dessen Reihe leider nur kurz ist, zeigt den ungestörten Gang, ebenfalls derjenige des Brunnens 527/38, der im Königstädter Wald nordöstlich von Hassloch liegt. Auch beim Grundwasserspiegelverlauf des Brunnens 544/27 kann im Hinblick auf seine größere Entfernung vom Wasserwerk Bürstadt und der hier wesentlich geringeren Jahresfördermenge als beim Darmstädter Wasserwerk keine allzu große künstliche Beeinflussung angenommen werden¹²⁸⁾.

127) Brunnen 527/21 befindet sich in unmittelbarer Nähe der Entnahmefurche, Brunnen 527/22 etwa 1 km vom Wasserwerk.

128) Brunnen 544/27 liegt etwa 1,5 km vom Wasserwerk entfernt. Die Jahresfördermengen der beiden Wasserwerke gehen aus Abb. 19 hervor.

Aus dieser Gegenüberstellung ist ganz eindeutig die große Bedeutung der Niederschläge für die langjährige Grundwasserentwicklung zu erkennen. Das im hessischen Ried beobachtete Absinken des Grundwasserspiegels muß - wie aus den hier dargelegten Beziehungen klar hervorgeht - seine Erklärung zunächst in einer Verringerung der Niederschläge in den für die Grundwasserneubildung entscheidenden Monaten September bis März finden.

Daneben spielt aber auch der Temperaturgang eine nicht zu unterschätzende Rolle. Aus diesem Grunde wurde in Abb. 18 die Trendlinie der mittleren Jahrestemperaturen vorangestellt. Daraus ist zu entnehmen, daß der Abnahme der Niederschläge gleichzeitig eine Erhöhung der Temperatur gegenübersteht, die einen nicht geringen Einfluß auf die Zunahme der Verdunstung und damit auf die langjährige Grundwasserentwicklung ausüben kann. Auch REICHEL¹²⁹⁾ und VON RUDLOFF¹³⁰⁾ haben den Temperaturfaktor untersucht und seine Bedeutung für den Grundwasserhaushalt unterstrichen. VON RUDLOFF sieht in einer Temperaturerhöhung von $0,46^{\circ}\text{C}$ bei gleichzeitiger Niederschlagsabnahme von 1,1 % die Ursache für den akuten Wassermangel, wie er während der Zeit von 1911 bis 1950 zu beobachten war. Im Untersuchungsraum ist die Temperatur im Zeitraum von 1923/27 bis 1946/50 um annähernd $0,6^{\circ}\text{C}$ gestiegen.

Von untergeordneter Bedeutung für den langjährigen Gang der Grundwasserstände sind dagegen die Luftdruckänderungen. Sie können nur Kleinschwankungen des Grundwasserspiegels hervorrufen, die nur innerhalb kurzer Perioden, z. B. von einigen Tagen, eine Rolle spielen¹³¹⁾.

129) Vgl. DENNER 1955, S. 27.

130) VON RUDLOFF 1956/57.

131) Vgl. VAN EIMERN 1948 und MÜGGE 1953 und 1954.

Der Frage, inwieweit die Schwankungen des Grundwasserspiegels periodischen Schwankungen des Klimas entsprechen, versuchte MÜLLER schon 1936 nachzugehen¹³²⁾. Er stellte enge Beziehungen fest und führte auch das Sinken des Grundwasserspiegels am Beobachtungsbrunnen 1 des Darmstädter Wasserwerkes (Abb. 16) auf die um 1885 einsetzende Trockenperiode zurück, der eine feuchte, um 1866 ihren Anfang nehmende Periode voranging. Diese Tatsache kann jedoch nur eine der Ursachen für die hier beobachtete Tieferlegung der Grundwasseroberfläche sein. Im Jahre 1880, zu Beginn der Beobachtungsperiode, setzt auch die Förderung von Grundwasser bei dem genannten Werk ein, die damit das Entstehen eines Entnahmetrichters bedingte¹³³⁾. Der Beobachtungsbrunnen 1 liegt nach STEUER¹³⁴⁾ im Einzugsgebiet des Wasserwerkes und muß sich damit den neuen Bedingungen anpassen¹³⁵⁾.

Es läßt sich wohl - besonders im Niederschlagsgang - ein bestimmter Rhythmus feststellen, der in gewisser Weise auch bei den Schwankungen des Grundwasserspiegels erkennbar ist. Der Zeitraum der aussagekräftigen Grundwasserbeobachtungen ist jedoch noch zu kurz und zu lückenhaft, um entsprechende Perioden herausstellen zu können.

Die Beziehung des Grundwasserspiegels zu den Vorflutern.

Außer den klimatischen Einflüssen sind auch die Wirkungen der Vorfluter auf die Bewegungen des Grundwasserspiegels zu berücksichtigen. Damit taucht vor allem die Frage auf, wie der Rheinstrom mit seinen wechselnden Wasserständen das Grundwasser beeinflusst.

Das Grundwasser fließt, wie in Abschnitt A 2 b) ausgeführt, dem Strome zu, also im wesentlichen in E-W-Richtung. Erfolgt ein Steigen des Wasser-

132) MÜLLER 1936.

133) Vgl. auch S. 138

134) STEUER 1929, S. 25.

135) Vgl. auch Abschnitt C 2 c) dieser Arbeit.

spiegels, so wird ein Aufstau des Grundwassers nach den Seiten hin bewirkt und damit ein Ansteigen des Grundwasserspiegels. Dieser kann bei Hochwasser des Rheins schließlich die Erdoberfläche erreichen und auch landseits der Hochwasserdämme zu Überschwemmungen führen. Dieses mit erheblichem Druck austretende Grundwasser (Qualmwasser) ist bei der Bevölkerung des Rieds von jeher gefürchtet, da es schon wiederholt zu Zerstörungen der Dämme führte. - Bei mittleren und niedrigen Rheinwasserständen fließt Grundwasser in den Strom. Heinrich DIEHL konnte am Altrhein in der Nähe von Stockstadt bei einem besonders niedrigen Rheinwasserstand im Winter eine austretende Grundwasserquelle beobachten, die wegen der konstanten Temperatur des Grundwassers von 8°C die Bildung einer Eisdecke an dieser Stelle des Altrheins verhinderte¹³⁶⁾.

HOFMANN¹³⁷⁾ und BLEINES¹³⁸⁾ wiesen weiter nach, daß auch von unten her Grundwasser ins Flußbett eindringt.

Es wurde bereits in der Betrachtung über den Jahresgang auf den in unmittelbarer Nähe des Rheins vorkommenden besonderen Typ des Grundwasserspiegelverlaufes, der die Bewegungen der Rheinwasserstände widerspiegelt, hingewiesen. Im Anschluß daran soll nun hier zu klären versucht werden, inwieweit der langjährige Gang der Rheinwasserstände denjenigen der Grundwasserstände beeinflußt bzw. wie weit landeinwärts die Wirkungen der Rheinwasserstände nachzuweisen sind.

Der langjährige Verlauf der Rheinwasserstände wurde im Abschnitt C 1 a) am Beispiel des Pegels Worms eingehend erläutert. Es ergab sich eine Absenkung der mittleren Wasserstände entsprechend der Rheinsohlenveränderung, und zwar beim Pegel Worms um etwa 1,30 m von 1880

136) DIEHL, Heinrich; 1958.

137) HOFMANN 1942.

138) BLEINES 1955.

bis 1960 unter Zugrundelegung 10-jähriger Mittelwerte (Abb. 6)¹³⁹⁾. Da sich nun die Grundwasseroberfläche, je näher sie der offenen Wasseroberfläche kommt, umso mehr auf das Niveau des Vorfluters einstellt, liegt es auf der Hand, daß sich auch die Grundwasserstände in Rheinnähe entsprechend abgesenkt haben müssen. Eine Gegenüberstellung des langjährigen Ganges des vom Rhein beeinflussten Brunnens 527/44 mit dem des Pegels Worms läßt die engen Beziehungen klar erkennen (Abb. 15). Die mit einer Verzögerung von in der Regel einem Jahr nachhinkenden jährlichen Durchschnittswerte des Grundwassers sind der zwischen dem Vorfluter und dem Brunnen 527/44 liegenden Entfernung von 1250 m zuzuschreiben. Liegen die Grundwassermeßstellen noch näher am Strome, gleichen sich diese Verschiebungen aus, und der Grundwasserspiegel unterliegt sowohl in seinen kurz- als auch in seinen langfristigen Schwankungen immer mehr denjenigen des Wasserspiegels vom Rhein. Diese fast völlige Übereinstimmung ist u. a. bei den Brunnen 527/153 (Gemarkung Hessenaue = 900 m vom Strom, 450 m von einem Altarm und wenige Meter vom Altwasser entfernt) und 544/3 (Gemarkung Hofheim = 950 m vom Rhein und 250 m vom Altrhein) zu beobachten. Untereinander weichen die Ganglinien der am Rhein liegenden Brunnen allerdings bezüglich ihrer Lage unter Flur und ihrer Amplituden voneinander ab. Hierfür ist die Ursache im wesentlichen einmal in der unterschiedlichen Geländehöhe der Meßstellen, zum anderen in der Verschiedenartigkeit der Grundwasserleiter zu suchen, die die Druckwellen vom Strome her ungleichmäßig fortpflanzen.

Fragt man nun nach der Größenordnung der durch die Tieferlegung der Rheinwasserstände hervorgerufenen Grundwasserspiegelabsenkung, so kommt man zu dem Ergebnis, daß die Grundwasserstände der in unmittel-

139) Für die übrigen Pegel des Untersuchungsgebietes ist ein annähernd gleicher Betrag $\pm$ weniger Zentimeter anzunehmen (vgl. Tabelle über Sohlenveränderungsbeträge S. 72).

barer Nähe des Rheins befindlichen Brunnen in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts im Durchschnitt um 1 m höher gelegen haben müssen. Der Grundwasserspiegel des Brunnens 527/153 mit seinem langjährigen Mittelwert von 1,00 m unter Flur und der des Brunnens 544/3 mit einem solchen von 1,30 m stand demnach nur wenige Zentimeter bis Dezimeter unter der Geländeoberfläche.

Nicht ganz so eindeutig ist die Reichweite der durch die Rheinsohlenabsenkung hervorgerufenen Tieferlegung des Grundwasserspiegels landeinwärts zu bestimmen. Geht man von den kurzfristigen Schwankungen aus, so läßt sich zunächst ganz generell die Feststellung machen, daß sich Anstiege des Flußwasserspiegels, je weiter die Entfernung vom Ufer ist, in umso abgeschwächerter Form und mit entsprechender zeitlicher Verzögerung im Grundwasserspiegelgang erkennen lassen. Von der BASF, Ludwigshafen, wurde nachgewiesen, daß ein Ansteigen des Rheins 4 Tage braucht, um an einer 1000 m entfernten Grundwassermeßstelle beobachtet zu werden. Im umgekehrten Fall, d. h. wenn der Rhein nach höheren Wasserständen fällt, wurde die gleiche Laufzeit ermittelt¹⁴⁰⁾.

Wie weit der Einflußbereich der wechselnden Rheinwasserstände nach E hin zu erkennen ist, hängt einmal von der Höhe und Dauer der Extremwerte ab, zum anderen von den im Augenblick der Wasserspiegelhebung bzw. -senkung herrschenden Grundwasserspiegelständen. Außerdem spielt hierbei, wie bereits erwähnt, die verschiedenartige Beschaffenheit der Grundwasserleiter eine nicht zu unterschätzende Rolle. In durchlässigen Schichten ist die Stauwirkung wesentlich weiter landeinwärts festzustellen als bei tonhaltigem Material¹⁴¹⁾. Es dürfte jedenfalls nicht den realen Tatsachen entsprechen, eine scharfe Grenze des Rheineinflusses

140) WILL, Hermann; 1953.

141) Vgl. HOFMANN 1942.

nach E hin festzulegen. Wenn BERO¹⁴²⁾ von einer 2-km-Zone längs des Rheins spricht, in der die Grundwasserspiegelgänge vom Rhein abhängig sind, HOFMANN¹⁴³⁾ von 2-3 km, in denen für die Dauer des Sommerhochwassers bei gut durchlässigen Schichten Stau zu beobachten ist, so handelt es sich also nicht um absolute, in jedem Fall zutreffende Angaben. Ein mehr oder weniger großer Einfluß der Rheinwasserstände ist jedoch unbedingt vorhanden. Aus diesem Grunde ist heute die Meinung STEUERS zu revidieren, der 1917 davon spricht, daß "schon in 300 bis 400 m Entfernung vom Fluss dessen Einwirkung beinahe erloschen ist"¹⁴⁴⁾, und damit zu dem Schluß kommt, daß die Grundwasserstände von denen des Rheins ganz unabhängig sind.

Es soll nun ergänzend zu diesen allgemeinen Feststellungen an Hand der ausgewählten E-W-verlaufenden Brunnenreihen zu klären versucht werden, wie weit landeinwärts der Grundwasserspiegel in seinen Bewegungen vom Hauptvorfluter abhängig ist, um damit Schlüsse auf die Beziehung zwischen Wasserspiegelsenkung einerseits und Grundwasserspiegelentwicklung im hessischen Ried andererseits ziehen zu können. Die Meßergebnisse der ab 1. 11. 1948 eingerichteten, quer durch das Untersuchungsgebiet angeordneten Brunnen ermöglichen nach nunmehr über 10 Jahren schon wertvolle Aussagen über die verschiedenen Verhaltensweisen des Grundwasserspiegels.

Die 10 Ganglinien des nördlichen Profils (Anlagen 4 bis 8)¹⁴⁵⁾ lassen folgendes erkennen: Während der Grundwasserspiegel des Brunnens 527/153 eine fast völlige Übereinstimmung mit den Wasserständen des Rheins zeigt, so daß auch in den einzelnen Monaten analoge Verhältnisse herrschen, fin-

142) BERO 1933.

143) Vgl. HOFMANN 1942.

144) STEUER 1918, S. 16/17

145) Vgl. auch Aufstellung der einzelnen Brunnen auf S. 91

den sich bei Brunnen 527/154 in 1850 m Entfernung vom Rhein neben einem Geringerwerden der Amplitude schon Verschiebungen der Maxima und Minima um einen Monat. Fast 3 km vom Strom (Brunnen 527/155) lehnt sich die Grundwasserganglinie immer noch an den Verlauf der Wasserstände an, wenn auch die Schwankungsbreite weiter abnimmt und sich gewisse, den Wasserspiegelgang kennzeichnende Erscheinungen beim Grundwasserspiegelgang auszugleichen beginnen, z. B. der hohe Sommerwasserstand des Jahres 1956. Der eigentümliche Wasserspiegelverlauf des Jahres 1954 mit seinen extrem tiefen Wasserständen im Winter ist allerdings auch noch bei Brunnen 527/156 - in 3850 m Entfernung vom Rhein - zu erkennen, wo er, wenn auch sehr abgeschwächt, immer noch einen etwas tieferen Winter-Grundwasserstand hervorruft. Bei der Grundwasserganglinie der Meßstelle 527/157 (nach 5800 m) ist jedoch keinerlei Einfluß vom Rhein her mehr wahrzunehmen.

Im Süden läßt sich mit Hilfe der vorhandenen Beobachtungsbrunnen das Abhängigkeitsverhältnis des Grundwasserspiegelgangs vom Rhein weniger gut nachweisen, da hier das Vorhandensein zahlreicher größerer Bäche und Gräben sowie der Einfluß der Weschnitz hinzukommen. Es sind aber auch hier ganz ähnliche Verhältnisse wie im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes anzunehmen, wenn auch bei den Ganglinien der südlichen Brunnen die Schwankungsbreiten zwischen den höchsten und tiefsten Werten von vornherein ausgeglichener erscheinen.

Von den übrigen ausgewählten Brunnen unterliegen außer 527/8a (350 m vom Altrhein), dessen Spiegelgang durch völlige Analogie mit dem Wasserspiegelgang gekennzeichnet ist, noch Brunnen 527/4a (2000 m vom Ginsheimer Altrhein, 2300 m vom Rhein) sowie 527/43, der sich nur 1,5 km vom Strom befindet, dem Einfluß des Hauptvorfluters. Auch bei der Meßstelle 544/6, die nur 1750 m von einem Altarm entfernt liegt, kann man im Verlauf der Grundwasserganglinie noch Beziehungen zum Rheinstrom erkennen.

Man kommt also nach einem Vergleich der Grundwasserganglinien mit dem Wasserspiegelgang zu dem Ergebnis, daß der Rhein mit seinen wechselnden Wasserständen eine Zone bis etwa 4 km Entfernung beeinflussen kann. Diese maximale Reichweite wird allerdings nur unter besonderen Bedingungen bei bestimmten Extremwerten erreicht. In der Regel schaltet ab 3 km vom Strom die Abhängigkeit vom Rhein aus, und der Grundwasserspiegel wird in seinen kurzfristigen Schwankungen primär von den atmosphärischen Niederschlägen bestimmt.

Auch für das Gebiet des linken Niederrheins liegen von VAN EIMERN¹⁴⁶⁾ ganz ähnliche Beobachtungen vor. Es wird in dieser Arbeit besonders auf die Auswirkungen langanhaltender tiefer Wasserstände hingewiesen, die relativ weit ins Land hinein - stellenweise bis 6 km - beobachtet werden konnten. Dabei muß man allerdings berücksichtigen, daß langanhaltender tiefliegender Rheinwasserstand meist mit gleichzeitigem Niederschlagsmangel zusammenfällt, so daß man die verschiedenen Einflüsse nicht mehr trennen kann. KOEHNE¹⁴⁷⁾ und BLEINES¹⁴⁸⁾ geben ebenfalls für den Nieder- bzw. Oberrhein Zahlenwerte an, die den für das Untersuchungsgebiet ermittelten Beträgen entsprechen.

Nach diesen Feststellungen muß man zu dem Schluß kommen, daß der Rhein auch auf den langjährigen Grundwasserspiegelgang ganz ähnliche Wirkungen ausübt und daß er ab 3 bis 4 km landeinwärts dann seine Bedeutung verliert. Das in unmittelbarer Nähe vom Strom auf Grund der Wasserspiegelsenkung angenommene Absinken der Grundwasseroberfläche von ungefähr 1,00 m bis 1,50 m seit etwa 1880 wird sich demzufolge ebenfalls mit zunehmender Entfernung vom Strom abschwächen,

146) VAN EIMERN 1948.

147) KOEHNE 1948, S. 97.

148) BLEINES 1955.

und der Grundwasserspiegelgang muß sich schließlich bei spätestens 4 km vom Rhein dem im wesentlichen von den Niederschlägen beeinflussten langjährigen Verlauf anpassen. Ein größerer Einflußbereich ist kaum zu erwarten. Bei Neuenburg am Oberrhein beträgt die Wasserspiegelsenkung des Rheins bis 6 m und nach 3 km läßt sich "nur noch" eine Grundwasserabsenkung von etwa 4 m feststellen. Dies entspricht im Untersuchungsgebiet nach ebenfalls 3 km vom Rhein einer Angleichung an das allgemeine, vom Rhein unbeeinflusste Grundwasserniveau¹⁴⁹⁾.

Im Verhalten der kleineren Vorfluter, wie der Weschnitz, der Modau und des Winkelbachs, spiegelt sich der Abflußcharakter der vom Odenwald kommenden Wässer wider. Eine Reihe von Grundwasserganglinien, so diejenigen der Brunnen 544/4, 5, 7 und 544/164 sind eng an den Verlauf dieser kleinen Flüsse angelehnt. Dies verdeutlicht eine Gegenüberstellung mit der Weschnitz-Ganglinie (Pegel Lorsch/Wattenheimer Brücke)¹⁵⁰⁾. Da aber diese Gewässer höchstens bei extremen Wasserständen, wie bei außergewöhnlichen Hochwässern - die wiederum eine Folge besonders hoher Niederschläge im Odenwald sind -, die Grundwasserstände ihrer Umgebung stärker beeinflussen und da auch eine wirksame Veränderung der Sohlenlage bei diesen Flüssen nicht stattgefunden hat, können sie die nachgewiesene langjährige Grundwasserentwicklung im hessischen Ried nicht wesentlich bestimmt haben.

c) Die Grundwasserspiegelveränderungen im hessischen Ried und ihr Zusammenhang mit den wasserwirtschaftlichen Maßnahmen.

Nachdem an Hand langjähriger Grundwasserbeobachtungen das Verhalten des Grundwasserspiegels über den größtmöglichen Zeitraum hin aufge-

149) Vgl. KOEHNE 1948, S. 249.

150) Vgl. Abb. 4.

zeigt und die während dieser Zeit herrschenden klimatischen Verhältnisse sowie die Beziehungen zu den Vorflutern festgestellt wurden, können nun die Einwirkungen der wasserwirtschaftlichen und kulturtechnischen Maßnahmen auf das Grundwasser untersucht werden.

Welche Wirkung die im Laufe des 19. Jahrhunderts durchgeführte Korrektur des Oberrheins und die dadurch bedingte Sohlenabsenkung auf den Grundwasserspiegel des Untersuchungsgebietes ausübte, wurde bereits zu klären versucht. Als Resultat ergab sich, daß in einem Bereich bis 3 bzw. 4 km vom Strome aus der Grundwasserspiegel eine Veränderung durch diese Sohlensenkung erfahren hat. Die Absenkungsbeträge sind aber recht minimal, da sie sich von höchstens 1,50 m direkt am Strom landeinwärts ständig verringern müssen.

Das ab 1925 nachgewiesene Absinken des Grundwasserspiegels kann mit der Sohlenabsenkung kaum in Zusammenhang gebracht werden, da sich die Rheinsohle seit diesem Zeitpunkt auch nur geringfügig verändert hat¹⁵¹⁾.

Auch die unter B 1 c) geschilderten Regulierungsmaßnahmen am Rhein können die Grundwasserspiegelentwicklung der letzten 40 bis 50 Jahre im hessischen Ried nicht beeinflußt haben.

Durch die vom Odenwald kommenden Gewässer konnte im Laufe der letzten Jahrzehnte ebenfalls keine merkliche Veränderung des Grundwasserspiegelganges herbeigeführt werden. Es wurde bereits festgestellt, daß die Ausbauten an den größeren Wasserläufen des Rieds, die im wesentlichen dem Hochwasserschutz dienen, erst 1958 einsetzen. Die bis jetzt noch nicht abgeschlossenen Arbeiten an der

151) Vgl. Abb. 6.

Weschnitz können allerdings neben einer Verbesserung des Abflusses in ihrem unmittelbaren Einflußbereich auch eine Absenkung des Grundwasserspiegels bewirken. Aussagen über mögliche Beträge und über das hiervon erfaßte Gebiet können jedoch heute noch nicht erfolgen, da die im August 1958 begonnenen Arbeiten in eine Zeit erheblichen Grundwassertiefstandes fielen. Es bleibt aber zu erwarten, daß die hierdurch verbesserte Vorflut keine nachteiligen Folgen für den Grundwasserhaushalt haben wird.

Nach einer gewissen Beobachtungszeit besteht überhaupt erst die Möglichkeit, Auswirkungen bestimmter künstlicher Eingriffe in den Wasserhaushalt festzustellen. Voraussetzung ist, daß möglichst langjährige Beobachtungsreihen von Brunnen vorliegen, die teils innerhalb, teils außerhalb des Einflußbereiches der jeweiligen Maßnahmen liegen und die außerdem zunächst gleichen hydrologischen Bedingungen entsprechen müssen. Diese Ganglinien müssen vor dem künstlichen Eingriff die gleichen Merkmale aufweisen. Aus der Abweichung der beeinflussten Brunnen vom sonst üblichen "normalen" Gang kann dann die Auswirkung einer bestimmten Maßnahme erkannt werden. Mit Hilfe dieser Methode weist HOSANG Störungen künstlicher Art an Beobachtungsstellen nach, insbesondere die durch die Wasserwerke hervorgerufenen Absenkungserscheinungen¹⁵²⁾

Für die vorliegende Untersuchung muß dieser Weg ausschalten, da die geforderten Bedingungen im Arbeitsgebiet leider nicht gegeben sind. Ist es schon schwer, vergleichbare Brunnen mit den gleichen hydrologischen Voraussetzungen zu finden, so scheitert eine solche Gegenüberstellung erst recht an den viel zu kurzen Beobachtungsreihen, die entweder erst nach oder gleichzeitig mit den wasserwirtschaftlichen Maßnahmen einsetzen. Aus diesem Grunde ist es schwierig, die Auswirkungen der je-

152) HOSANG 1937.

weiligen künstlichen Eingriffe zu erkennen und voneinander zu trennen. Dies trifft ganz besonders auf die im Rahmen der vorliegenden Arbeit ausführlich beschriebene "Riedentwässerung" zu. Durch die Anlage offener Gräben sollte die Vorflut verbessert werden, wobei hierunter im kulturtechnischen Sinne nach SCHROEDER die Möglichkeit verstanden wird, "den Grundwasserstand einer Fläche auf der für die Kulturpflanzen günstigsten Höhe zu halten"¹⁵³⁾. Eine Entwässerung ist in jedem Falle äußerst diffizil, da starke Unterschiede in der Bodenbeschaffenheit und Höhenlage des Geländes vorhanden sind.

Ausschlaggebend dafür, ob eine Absenkung des Grundwasserspiegels erzielt wird, ist die Tiefe der Entwässerungsgräben. Denn nur dort, wo die Gräben die Grundwasseroberfläche anschnitten, kann eine Tieferlegung erfolgen. Im Untersuchungsgebiet wurden die Hauptgräben in der Regel nicht tiefer als 1,20 m angelegt, mit Ausnahme der Hauptentwässerungskanäle des "Astheim-Erfelder-Entwässerungsverbandes", die für ein besonders tiefliegendes Gelände, nämlich für das Gebiet des alten Rheinmäanders zwischen Geinsheim und Leeheim, die Vorflut zu sichern haben. Die Gräben 2. und 3. Ordnung sind nur wenige Dezimeter tief und wurden zum Teil sogar inzwischen wieder zugeschüttet.

Aus dem Wasserstand in den Gräben kann man nur bedingt auf die Lage der Grundwasseroberfläche schließen. Sie stellt sich wie bei den größeren Vorflutern nur in unmittelbarer Nähe der Gräben auf den Grabenwasserstand ein. Außerhalb der Vegetationsperiode wird der Grundwasserkörper aufgefüllt; das Grundwasser ist bestrebt, in die Gräben abzufließen. Bis der Gleichgewichtszustand erreicht ist, liegt der Grundwasserspiegel höher als der Wasserstand der Gräben. Innerhalb der Wachstumszeit,

153) SCHROEDER 1958, S. 195.

wo die Pflanzenwurzeln dem Grundwasser noch Wasser entziehen, kann der umgekehrte Fall eintreten: Soweit überhaupt Wasser die Gräben füllt, kann das Grundwasser hieraus gespeist werden. Die Grundwasseroberfläche hat in diesem Falle eine tiefere Lage als der Wasserspiegel der Entwässerungsgräben.

Um die durch die Anlage der Grabennetze herbeigeführte Absenkung des Grundwasserspiegels zu ermitteln, wäre es notwendig, den Flurabstand des Grundwasserspiegels vor diesen Entwässerungsmaßnahmen zu kennen. Leider liegen hierüber keine Zahlenangaben vor. Es wird lediglich vom Entwässerungsgebiet Astheim-Erfelden berichtet, daß weite Teile besonders bei Hochwasser des Rheins unter den Wirkungen des Rückstaus zu leiden hatten, so daß es häufig zu regelrechten "Grundwasserüberschwemmungen" kam. Auch kann man aus der früheren Nutzung dieser Gebiete auf durchschnittlich sehr hohe Grundwasserstände schließen. Heute liegt der Grundwasserspiegel bei der Meßstelle 527/157, die sich unterhalb des Grabensystems des ehemaligen Rheinmäanders befindet, im Mittel 1 m unter dem Gelände. Berücksichtigt man noch die während der letzten 10 Jahre im allgemeinen gemessenen sehr tiefen Grundwasserspiegellagen, so muß man daraufhin auf eine nur relativ geringfügige Grundwasserabsenkung als Folge der geschilderten Entwässerungsmaßnahmen schließen. Dies leuchtet umso mehr ein, wenn man bedenkt, daß die Gräben sehr zu Verschlämmungen und Verkrautungen neigen und damit ihre Funktion stark beeinträchtigt wird. Auch HOFMANN gibt für die Oberrheinebene an, daß Absenkungen als Folge von Meliorationen meist nur wenige Dezimeter betragen können¹⁵⁴⁾, womit allerdings lediglich ein grober Überschlagswert gegeben ist.

154) HOFMANN 1942.

Mit den hier zur Verfügung stehenden Grundwasserganglinien läßt sich nicht der Nachweis erbringen, daß

1. die in den Jahren 1925-28 durchgeführten Arbeiten im Raum Astheim-Erfelden
2. die Arbeiten im Rahmen des Generalkulturplanes (Anfang der 30er Jahre)

den Grundwasserspiegelgang maßgeblich beeinflußt haben. Gerade zu dieser Zeit setzt die Abnahme der Niederschläge in den Monaten September bis März ein, wodurch ohnehin der Grundwasserspiegel im hessischen Ried absinken mußte.

Die Anlage der Entwässerungsgräben bewirkt im Untersuchungsgebiet in erster Linie einen Ausgleich der extremen Grundwasserstände. Sie schafft in Verbindung mit den Pumpwerken bessere Abflußmöglichkeiten und schützt damit vor Wasserüberschuß. Außerdem kann in trockenen Zeiten durch eine Schließung der Stauwehre das Wasser in den Gräben gehalten und damit eine zu starke Absenkung des Grundwasserspiegels in den angrenzenden Ländereien verhindert werden.

Wie wirken sich nun die Wasserentnahmen der Wasserwerke aus?

Jede Wasserentnahme verursacht eine Absenkung der Grundwasseroberfläche. Wird dem Grundwasser fortlaufend Wasser durch Brunnen entzogen, so stellt sich eine bleibende Absenkung ein; der Grundwasserspiegel bildet einen sogenannten "Entnahmetrichter". In seinem Zentrum kann dieser recht erhebliche Senkungsbeträge aufweisen; in größerer Entfernung von der Entnahmestelle erfolgt jedoch immer mehr eine Angleichung an das allgemeine Grundwasserniveau. Es handelt sich hierbei also um lokal auftretende Absenkungserscheinungen, deren Reichweite einmal von der Höhe der Wasserentnahmen sowie von der Art und Anzahl der Entnahmebrunnen, zum anderen aber auch von den z. Zt. der Entnahme herrschenden natürlichen Grundwasserspiegellagen sowie von der Durchlässigkeit des Untergrundes abhängt. BURRE hat für das Wasserwerk Hof

Schönau südlich von Rüsselsheim die verschiedenen Ausdehnungen des Entnahmetrichters in einzelnen Jahren dargestellt¹⁵⁵⁾. Daraus geht hervor, daß im Jahre 1950 eine Fläche erfaßt wurde, die sich auf einen Durchmesser von etwa 5,5 km erstreckt. HOFMANN gibt für das Wasserwerk Mannheim eine Reichweite der Grundwasserabsenkung von im Mittel 10 km stromauf und 8 km nach Westen an¹⁵⁶⁾.

Über die Größe der durch die Wasserwerke Eschollbrücken und Bürstadt hervorgerufenen Entnahmetrichter kann leider keine genaue Angabe gemacht werden. Aus einer Gegenüberstellung der Jahresfördermenge der beiden Wasserwerke, die, wie bereits erwähnt, im wesentlichen die Städte Darmstadt bzw. Worms mit Wasser versorgen, geht die größere Förderleistung des Werkes in Eschollbrücken hervor. Daraus ist auch auf eine größere Ausdehnung der Grundwasserstandsbeeinflussung im Raume dieser Entnahmestelle zu schließen (Abb. 19). Das lassen auch die Trendlinien der Grundwasserstände im Einflußbereich der jeweiligen Wasserwerke erkennen¹⁵⁷⁾. Stützt man sich nur auf die Entnahmen und vergleicht die Fördermengen der Wasserwerke Eschollbrücken und Bürstadt mit den von BURRE für das Wasserwerk Hof Schönau angegebenen Werten¹⁵⁸⁾, so muß für das Wasserwerk Eschollbrücken im Jahre 1950 ein größerer Entnahmetrichter als 5,5 km im Durchmesser angenommen werden, der sich 1960 durch die verstärkten Entnahmen noch mehr erweitert haben muß. Der Entnahmetrichter des Wasserwerkes Bürstadt bleibt dagegen auch heute weiter unter der von BURRE angegebenen Erstreckung.

Wesentlich ist in bezug auf den Grundwassergang im Beobachtungsbrunnen 1 des Darmstädter Wasserwerkes (Eschollbrücken) (Abb. 16) auch

155) BURRE 1952, Tafel 20.

156) HOFMANN 1942.

157) Vgl. S. 121 und Abb. 18.

158) BURRE 1952, S. 226.

Jahresfördermengen der Grundwasserwerke Eschollbrücken und Bürstadt

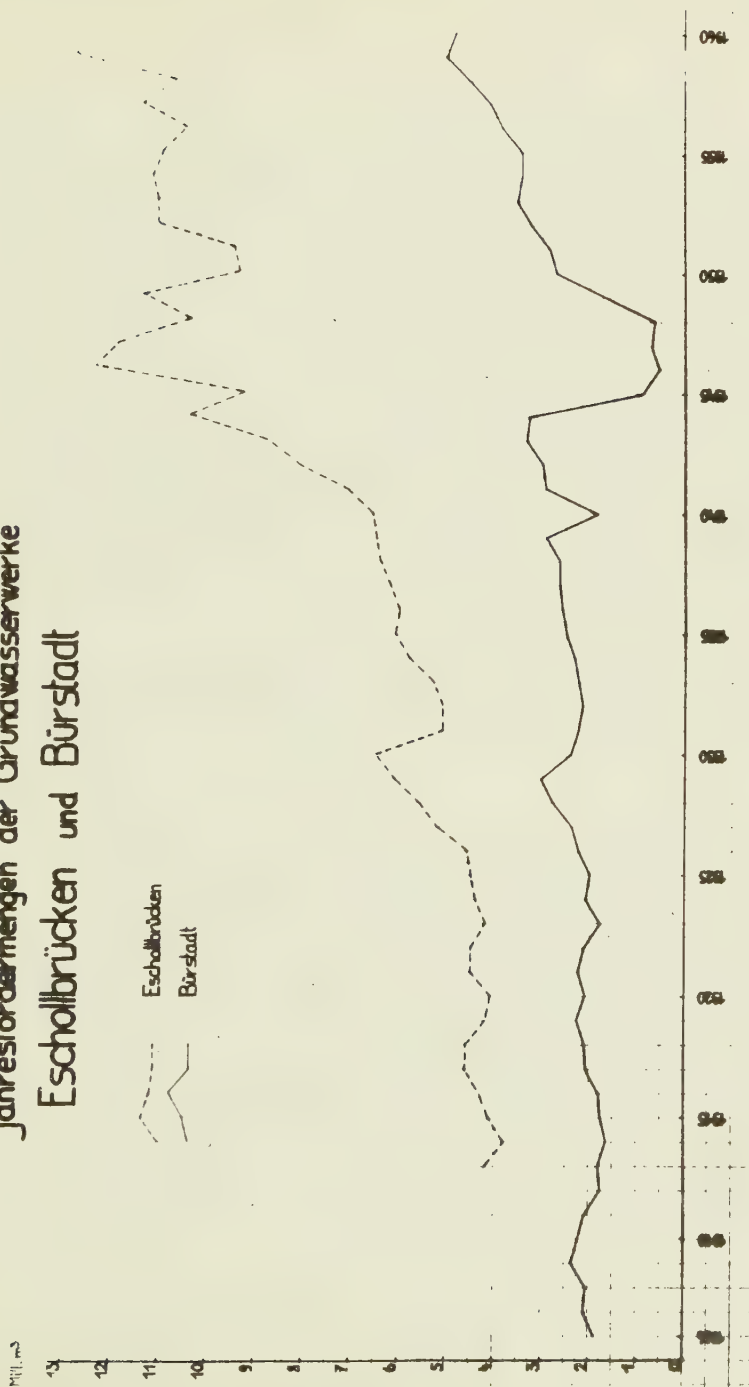


Abb. 19

die Frage, wie lange der Grundwasserspiegel braucht, um sich nach Beginn der dauernden Wasserentnahmen durch ein Wasserwerk auf eine neue Grundwasserspiegellage einzustellen. Die bleibende Grundwasserabsenkung muß keinesfalls bereits nach Wochen bzw. Monaten abgeschlossen sein. KOEHNE konnte beispielsweise bei einem Wasserwerk in der Nähe der Stadt Magdeburg die Beobachtung machen, daß das Grundwasser etwa 7 Jahre lang sank und erst dann zu geringen Schwankungen um eine Mittellage gelangte¹⁵⁹⁾. Der Beginn der Grundwasserförderung ist damit als eine und sicher nicht unwesentliche Ursache für die beim Brunnen 1 von 1880/83 bis 1893 beobachtete Absenkung des Grundwasserspiegels anzusehen. Daneben muß aber auch die um 1880 einsetzende Verringerung der Niederschläge berücksichtigt werden, eine Tatsache, auf die bereits im Zusammenhang mit den klimatischen Verhältnissen hingewiesen wurde¹⁶⁰⁾

Den durch die Wasserwerke hervorgerufenen Grundwasserabsenkungen ist also zweifellos eine erhebliche Bedeutung zuzumessen. Allerdings werden hiervon nur regional begrenzte Gebiete mehr oder weniger großer Ausdehnung betroffen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß der Grundwasserspiegel im hessischen Ried im Laufe der Zeit verschiedenartigen Einflüssen unterlag. Dabei sind die Wirkungen der natürlichen - klimatischen Faktoren entscheidend. Ihnen sind alle Teile des Untersuchungsgebietes gleich ausgesetzt, wodurch sich, abgesehen von Varianten, welche durch die verschiedenen edaphischen Bedingungen auftreten, auch eine relativ einheitliche Grundwasserspiegelenwicklung ergibt.

Ein Vergleich mit Grundwasserverhältnissen anderer unbeeinflusster Bereiche läßt ganz ähnliche Grundzüge erkennen. Die von SCHNEIDER ver-

159) KOEHNE 1948, S. 262.

160) Vgl. S. 123

öffentliche Grundwasserganglinie einer unbeeinflussten Meßstelle in der oberen Emsebene (1913 bis 1949) wurde beispielsweise dem Grundwasserspiegelgang des Brunnens 544/27 gegenübergestellt, woraus eine gute Übereinstimmung zu erkennen ist¹⁶¹⁾ (Abb. 20). Auch am linken Niederrhein wird von VAN EIMERN ein entsprechender Verlauf nachgewiesen, den er ebenfalls vorwiegend aus dem Niederschlagsgang erklärt¹⁶²⁾.

Die Rheinsohlenabsenkung sowie die einzelnen der Entwässerung und dem verbesserten Abfluß dienenden wasserwirtschaftlichen bzw. kulturtechnischen Maßnahmen haben gegenüber den natürlichen Faktoren keinen entscheidenden Einfluß auf den nachgewiesenen Grundwasserspiegelgang im hessischen Ried ausgeübt. Diese Feststellung ist wesentlich, weil es nicht selten geschieht, daß die "Riedentwässerung" als Hauptursache für die Veränderung des Grundwasserhaushalts angesehen wird.

Nur die Grundwasserentnahmen haben größere Folgewirkungen. Aber auch diese wasserwirtschaftlichen Eingriffe führen nur im Einflußbereich der Wasserwerke zu Abwandlungen bzw. Verstärkungen des auf natürliche Weise entstandenen Grundwassertrends.

3. Die Auswirkungen auf die Agrarlandschaft des hessischen Rieds.

Welche Folgen haben sich nun durch die zweifellos nicht konstant gebliebenen hydrographischen Verhältnisse sowie durch die nachgewiesenen Grundwasserabsenkungen für die Kulturlandschaft des hessischen Rieds ergeben? Bei der Beantwortung dieser Frage muß das Schwergewicht verständlicherweise auf der Agrarlandschaft ruhen, da sie von einer Veränderung des Wasserhaushalts am stärksten betroffen sein muß.

161) SCHNEIDER und TRUELSEN 1952, S. 39.

162) VAN EIMERN 1948.

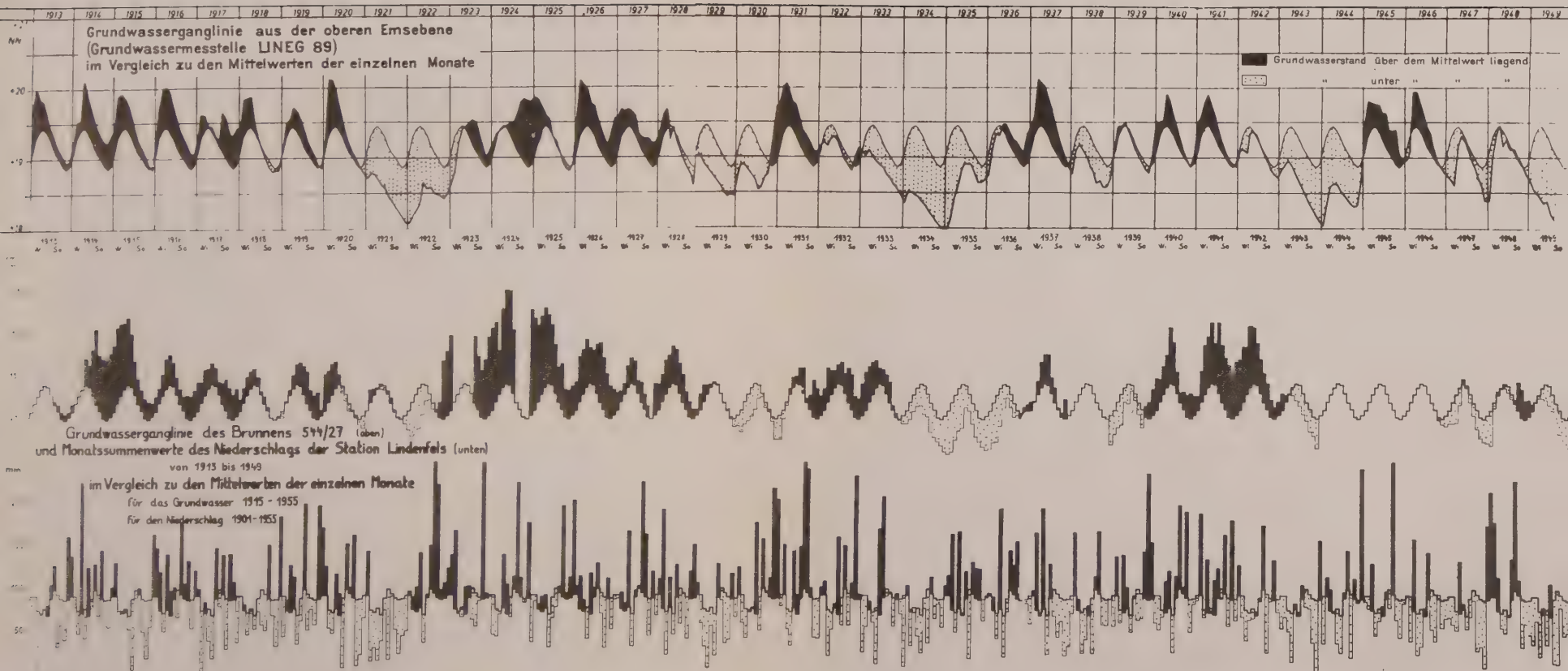


Abb. 20

Es ist eine Tatsache, daß sich im Laufe der letzten Jahrzehnte eine Wandlung innerhalb der Agrarlandschaft des hessischen Rieds - hauptsächlich in der Flächennutzung - vollzogen hat. Die Aufgabe besteht nun darin zu untersuchen, inwieweit diese Wandlungen auf die Veränderungen im Wasserhaushalt zurückzuführen sind.

Bildet der Wasserhaushalt auch eine entscheidende Grundlage für die landwirtschaftliche Nutzung, so sind jedoch auch eine Reihe weiterer Faktoren mitbestimmend; Es sind einmal die Bearbeitbarkeit des Bodens, zum anderen die Düngung und die Art und Weise des Anbaus. Außer von der Bodenstruktur hängen diese Faktoren wesentlich vom Stand der technischen bzw. von der agrarwissenschaftlichen Entwicklung ab. Gerade in den letzten Jahrzehnten wurden neue Methoden in der Landwirtschaft entwickelt, die die Nutzung des Bodens nicht unerheblich beeinflußt haben. Außerdem sind auch noch ökonomische und betriebstechnische Gesichtspunkte zu erwähnen, die besonders für den Anbau bestimmter Kulturen sehr entscheidend sind. Bei allen diesen Überlegungen ist aber zu berücksichtigen, daß eine intensivere Ausnutzung des Bodens wieder Rückwirkungen auf den Wasserhaushalt haben muß; denn eine intensivere landwirtschaftliche Produktion hat zumeist auch einen gesteigerten Wasserverbrauch zur Folge.

Um nun die Bedeutung des Wasserhaushalts und seiner Veränderungen für die landwirtschaftliche Nutzung zu erkennen, erscheint es zweckmäßig, zunächst die in den letzten 60 bis 80 Jahren erfolgten Wandlungen in der Agrarlandschaft aufzuzeigen und im Anschluß daran zu untersuchen, welche Beziehungen zwischen diesen Wandlungen und den Wasserhaushaltsveränderungen bestehen. Dabei ist vor allem das Verhältnis zwischen Grundwasser und Kulturpflanze zu klären.

Die Darstellung der Veränderung der landwirtschaftlichen Struktur soll an einzelnen Beispielgemarkungen durchgeführt werden. Bei der Auswahl

wurde von folgenden Überlegungen ausgegangen; Durch die Agglomeration von Industriebetrieben im Rhein-Mainischen-Wirtschaftsraum sowie auch im Mannheim-Ludwigshafener Bereich hat sich das hessische Ried immer stärker zum Arbeiterwohngebiet herausgebildet¹⁶³⁾. Dadurch haben sich erhebliche Wandlungen in der Sozialstruktur der einzelnen Gemeinden vollzogen, so daß man reine Bauerndörfer im hessischen Ried heute kaum mehr vorfindet. Nachstehende Aufstellung über die in der Land- und Forstwirtschaft beschäftigten Personen in den einzelnen Riedgemeinden vermittelt hierüber ein eindrucksvolles Bild. Da die neuesten aus den Jahren 1960/61 stammenden Zahlen noch nicht zur Verfügung stehen, konnten hier nur die Werte von 1950 herangezogen werden, die der Hessischen Gemeindestatistik 1950, Heft 2, entnommen wurden. Es ist zu erwarten, daß die heutigen Prozentsätze sich weiterhin zugunsten außerhalb der Land- und Forstwirtschaft befindlicher Berufsgruppen verschoben haben.

163) Vgl. HARTKE 1938 und PETZINGER 1958.

Gemeinden Erwerbspersonen in der Land- und
Forstwirtschaft (Stand 1950)
in %

Kreis Groß-Gerau

Allmendfeld	69
Astheim	39
Berkach	48
Biebesheim	29
Büttelborn	33
Crumstadt	35
Dornheim	35
Geinsheim	47
Gernsheim	12
Goddellau	17
Groß-Gerau	7
Hessenaue	67
Klein-Gerau	29
Klein-Rohrheim	61
Leeheim	53
Stockstadt	20
Trebur	28
Wallerstädten	40
Wolfskehlen	33
Worfelden	46

Kreis Bergstraße

Biblis	25
Bobstadt	25
Bürstadt	11
Einhausen	33
Fehlheim	22
Groß-Rohrheim	36
Hofheim/Ried	18
Lampertheim	16
Langwaden	60
Lorsch	12
Nordheim	45
Riedrode	71
Rodau	60
Rosengarten	53
Schwanheim	52
Viernheim	9
Wattenheim	60

Nicht enthalten sind in dieser Aufstellung die Gemeinden Zwingenberg, Auerbach, Bensheim und Heppenheim, da ihre Zahlenwerte auch die an der Bergstraße bzw. im Odenwald wohnende Bevölkerung mit einschließen. Außer acht gelassen wurden fernerhin die zum Ried zu zählenden Gemeinden des Landkreises Darmstadt. Sie haben ihre landwirtschaftliche Vorherrschaft aus den gleichen Gründen wie die Gemeinden der beiden aufgeführten Kreise eingebüßt.

Es müssen für die hier vorzunehmenden Untersuchungen diejenigen Gemeinden ausschalten, die einen starken Wandel ihrer Sozialstruktur erfahren haben, da bei ihnen für die landwirtschaftliche Nutzung auch andere, außerhalb physisch-geographischer Betrachtung liegende Gesichtspunkte maßgebend sind.

Vorwiegend landwirtschaftlich ausgerichtet sind außer einigen zumeist verkehrungünstig gelegenen Ortschaften auch heute noch, wie auch aus obiger Aufstellung hervorgeht, die Neubauerndörfer des Rieds. Von den vier nach 1933 neu geschaffenen Gemarkungen Allmendfeld, Hessenaue, Riedrode und Rosengarten verdient Riedrode besondere Beachtung. Es ist das älteste unter den "Erbhöfedorfern" und besitzt noch immer eine vorwiegend agrarische Struktur. Außerdem hat diese Gemarkung Anteil an verschiedenen Böden, so daß sie zur Darlegung der Beziehungen besonders geeignet erscheint.

Als zweite Gemarkung soll die zu Lorsch gehörende "freie" Gemarkung Seehof betrachtet werden. Sie nimmt innerhalb des Gesamtraumes eine Sonderstellung ein, da ihr Areal - ursprünglich ein See - eine der ältesten nachweisbaren Entwässerungsanlagen im Untersuchungsgebiet besitzt.

Das dritte Beispiel bildet der Riedanteil der Gemarkung Heppenheim, der in bezug auf seine Nutzung besonders stark vom Wasserhaushalt abhängig ist.

Damit sind Gemarkungen bzw. Gemarkungsteile ausgewählt worden, bei denen die Wandlungen in der Landwirtschaft als Folge einer Umbildung zum Arbeiterwohnort von vornherein weitgehend ausgeschaltet werden müssen.

- a) Die sich seit Durchführung der größeren künstlichen Maßnahmen voll-
zogenen Wandlungen - dargestellt an den Beispielgemarkungen.

Riedrode.

Die dem Kreis Bergstraße angehörende Gemarkung Riedrode liegt am südöstlichen Rand des großen sich zwischen Bürstadt und Biblis hinziehenden ehemaligen Rheinmünders. Sie wurde von 1933 bis 1953 einmal aus Teilen der Gemarkung Einhausen (43 ha) und Bürstadt (166 ha), zum anderen aus 114 ha der staatlichen Gemarkung "Lorscher Wald" geschaffen. Zu den insgesamt 323 ha kamen im Jahre 1955 noch 115 ha Wald hinzu, so daß die Größe der Gemarkung Riedrode heute 438 ha beträgt.

Die Gemeinde Riedrode hat, wie bereits erwähnt, auch heute noch eine fast reine bäuerliche Struktur. Lediglich am Ortseingang siedelten sich nach der Gründung des Ortes einzelne außerhalb der Landwirtschaft beschäftigte Personen an. Von den 287 Einwohnern (Stand 1961) sind 37 Pendler; sie arbeiten im wesentlichen in Mannheim. Die in Riedrode befindliche Fabrik (Zellstoff-Fabrik Waldhof, Betriebsstätte Riedrode) beschäftigt nur 11 Riedroder Bürger.

Nach dem Stand von 1961 existieren in Riedrode 28 landwirtschaftliche Betriebe mit einer Durchschnittsgröße von 15 ha. Das Schwergewicht dieser bäuerlichen Betriebe liegt auf der Viehwirtschaft. Der Obstanbau und die Intensivkulturen treten weit zurück. Dafür sind jedoch weniger physische Ursachen maßgebend als vielmehr ökonomische Erwägungen (Arbeitskräftemangel).

Die gesamte Fläche der Gemarkung läßt sich auf Grund der besonderen geologisch-bodenkundlichen Verhältnisse gliedern.

Der äußere Teil, der sich sowohl östlich der Ortschaft nach Norden entlangzieht als auch westlich an diese anschließt, ist durch mehr oder weniger humose Flug- bzw. Terrassensande gekennzeichnet. Das am 29. 6. 1960 in diesem Bereich erbohrte Bodenprofil zeigte

25 cm schwarz-braunen, humosen, schwach kalkhaltigen Sand,

75 cm gelb-braunen, ganz schwach lehmigen, kalkhaltigen Sand.

Es kann für diesen Gemarkungsteil durchaus als repräsentativ angesehen werden.

Der Wert eines Bodens kommt am besten in den durch die amtliche Bodenschätzung gewonnenen Formeln zum Ausdruck. Sie ermöglichen den besten Einblick in die Bodenverhältnisse und die Ertragsfähigkeit kleinerer Flächen, nur muß man dabei beachten, daß die Wertzahlen nicht allein nach physischen, sondern auch nach ökonomischen Gesichtspunkten erstellt wurden¹⁶⁴⁾.

Für das Flugsandgebiet der Gemarkung Riedrode sind folgende Klassenformeln typisch:

S 4 D/Al 24 / 24

S 5 D/Al 18 / 18

S 3 D/Al 31 / 32¹⁶⁵⁾.

164) Vgl. ROTHKEGEL 1952.

165) S = Sand; 4, 5, 3 = Zustandsstufen; D/Al = Diluvium/Alluvium; 24/24 etc. = Bodenzahl/Ackerzahl. Bei den Wertzahlen handelt es sich um Verhältniszahlen, die von 7 für den geringwertigsten bis 100 für den wertvollsten Boden schwanken. Für die Ermittlung der Wertzahlen wurden bestimmte Bedingungen angenommen. Treffen diese Bedingungen nun nicht zu, so erfährt die "Bodenzahl" (beim Ackerland) oder die Grünlandgrundzahl (beim Grünland) je nach der Variante einen Zu- oder Abschlag. Die somit gewonnene zweite Zahl, die "Ackerzahl" bzw. die "Grünlandzahl" läßt demnach lokale Besonderheiten erkennen, sagt aber nichts über die Art und Weise dieser Besonderheit aus.

Die Bodenwerte liegen hier außerordentlich niedrig; sie übersteigen 30 nur an wenigen Stellen.

Im schroffen Gegensatz hierzu steht das den Mittelteil der Gemarkung bildende Gebiet des "Bruchs", Es zieht sich in einem etwa 700 m breiten Streifen bogenförmig von W nach NE und nimmt damit einen erheblichen Teil der Wirtschaftsfläche ein. Das "Bruch" ist mit einer oftmals recht deutlichen Stufe gegen das Flugsandgebiet abgesetzt; diese beträgt stellenweise 40 bis 50 cm. In diesen Gebieten wurden folgende Bodenprofile aufgenommen:

1. Gemarkungsteil "Nachtweide"

30 cm braun-schwarzer, stark humoser Lehm, gut durchwurzelt,
10 cm braun-schwarzer, humoser, schwach toniger Lehm,
90 cm grauer, ganz schwach toniger Lehm.

Das Profil weist an der unteren Grenze des humosen Bodens starke Rostflecke auf, sonst ist es nur schwach rostfleckig.

2. Gemarkungsteil "Das Bruch"

30 cm schwarz-brauner, stark humoser, schwach kalkhaltiger Feinsand,
35 cm schwarz-brauner, humoser, kalkhaltiger, toniger Lehm,
35 cm grauer Grobsand.

3. Gemarkungsteil "Das Bruch"

30 cm schwarz-brauner, lockerer, stark humoser, schwach kalkhaltiger Lehm, gut durchwurzelt,
45 cm grauer, kalkhaltiger Lehm,
30 cm grauer Grobsand.

Nach den Ergebnissen der Bodenschätzung wurden die hier vorkommenden Böden wie folgt beurteilt:

Mo II a 3 32 / 29 oder

Mo II a 3 33 / 30 oder
T

Mo II a 3 34 / 34 oder
S

Mo II a 3 38 / 38 oder ähnlich¹⁶⁶⁾.
IS

Sind die Böden des Bruchs sowie auch diejenigen der Flugsande im allgemeinen einheitlich ausgebildet, so zeigt der innere, an das Bruchgebiet anschließende Teil der Gemarkung starke Differenzierungen im Bodenaufbau. Dieses - von der Bevölkerung als "Mischbodengebiet" charakterisierte Gelände - besteht, wie aus der geologischen Übersichtskarte von Hessen 1:300.000 hervorgeht, aus zum Pleistozän gehörenden alten Hochflutablagerungen in vorwiegend lehmiger Fazies. Die durch die verschiedenen Elemente, wie Wasser und Wind, erfolgten Umlagerungen dieser Sedimente, führten zu einem regelrechten Bodenmosaik, das besonders im Luftbild (Abb. 21) gut zum Ausdruck kommt. Entsprechend der Mannigfaltigkeit der Bodenausbildung schwanken die Wertzahlen. Treten sandige Komponenten hinzu, können Werte bis 57/62 erreicht werden; beim Vorherrschen des Tones dagegen liegen die Bodenwerte meist unter 30.

Neben dieser auf natürliche Weise entstandenen groß- und kleinräumigen Bodendifferenzierung wurden auch durch anthropogene Maßnahmen auf engem Raum Unterschiede im Bodenaufbau hervorgerufen. Im Rahmen des bereits erwähnten "Meliorations- und Siedlungsprogramms" entstand ein völlig neues Entwässerungssystem. Das bisherige unzureichende Anlage wurde zugeschüttet und dafür neue Gräben geschaffen. Entsprechend

166) Mo = Moor, T = Ton, S = Sand, IS = lehmiger Sand; II = Zustandsstufe; a = Klimawert; 3 = Wert der Wasserverhältnisse, 32/29 etc. = Grünlandgrundzahl/Grünlandzahl.
Vgl. auch Fußnote 165).

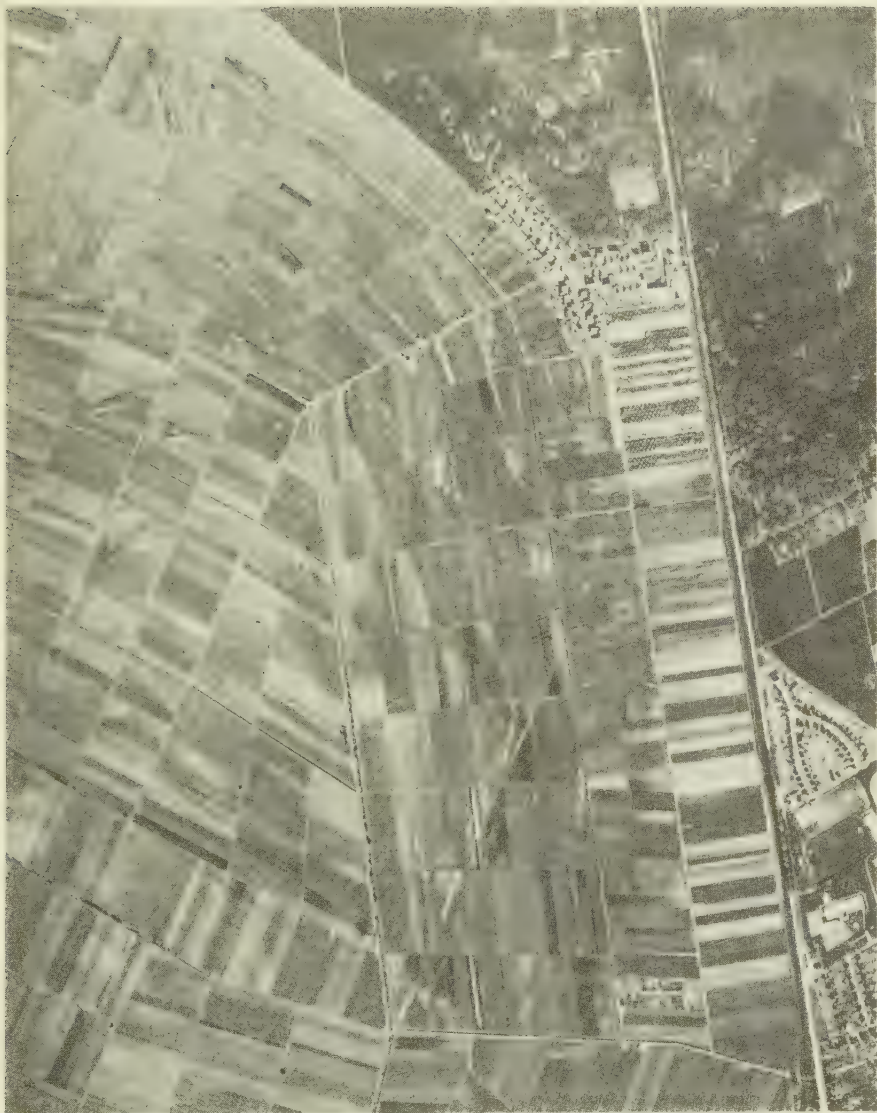


Abb. 21

Südlicher Teil der Gemarkung Riedrode. - Ausschnitt aus einer Flug-Senkrehtaufnahme im ungefähren Maßstab 1:12.000 vom 13.4.1959. - Hersteller: Hessisches Landesvermessungsamt, Wiesbaden. Freigegeben: Hess. Minister f. Arbeit, Wirtschaft und Verkehr Nr. 278/59.

dem Verlauf des Bruchgebietes entstanden in Abständen von 200 bis 250 m kleinere, etwa 1 m tiefe Abflußgräben, die das Wasser größeren, zum Teil quer hinzu verlaufenden Entwässerungskanälen zuführen. Letztere befinden sich aber zumeist außerhalb der Gemarkung. Daneben vermögen eingebaute Schleusen schädigende Wasser vorübergehend vom Kulturland fernzuhalten. Es sei jedoch auch an dieser Stelle erwähnt, daß der Zustand der Gräben und Schleusen häufig zu wünschen übrig läßt. Oft sind die Gräben derart verkrautet und die Schleusen verfallen, daß sie ihrer Aufgabe im Bedarfsfalle nicht gerecht werden können.

Durch das Verschütten des alten Entwässerungssystems wurde an verschiedenen Stellen die natürliche Schichtenfolge gestört. Das im Bereich eines ehemaligen Grabens erbohrte Profil zeigt folgendes Bild:

5 cm gelber, humoser, sandiger Lehm,)	
30 cm gelblicher, leicht eisenschüssiger,)	aufgeschüttetes Material
sandiger Lehm,)	
40 cm stark humoser, toniger Lehm,	
25 cm gelblicher, eisenschüssiger,	
schwach sandiger Lehm.	

Typisch für dieses Profil ist seine Zweischichtigkeit; deutlich ist der aufgeschüttete Boden gegen den autochthonen abgesetzt. Außerdem ist hieraus die Tiefe des ehemaligen Entwässerungsgrabens zu erkennen, sie kann 35 cm nicht überschritten haben. Im Gelände, mehr jedoch noch im Luftbild, erscheinen die Aufschüttungen als helle Streifen (Abb. 21). An ihnen kann man nicht nur den Verlauf der ehemaligen künstlichen Anlage, sondern auch denjenigen der verfüllten natürlichen kleinen Wasserläufe mit ihren Windungen gut rekonstruieren (Abb. 22).

Überschwemmungen durch oberflächliche Gewässer sind im Bereich der Gemarkung Riedrode heute nicht mehr festzustellen. Allerdings wirkt sich das unruhige Bodenrelief auf die Wasserverhältnisse aus. Die tief



Abb. 22

Alte, heute nicht mehr vorhandene Wasserläufe nordöstlich von Bobstadt. - Ausschnitt aus einer Flug-Senkrechtaufnahme im ungefähren Maßstab 1:12.000 vom 13. 4. 1959. - Hersteller: Hessisches Landesvermessungsamt, Wiesbaden. Freigegeben: Hess. Minister f. Arbeit, Wirtschaft und Verkehr Nr. 278/59.

liegenden und schwer durchlässigen Stellen leiden bei hohen Niederschlägen unter Staunässe. Ebenfalls kann es in Mulden mit einer nur dünnen tonig bis lehmigen Auflage, bei außergewöhnlich hohen Grundwasserständen, zu Austritten des Grundwassers kommen.

Genaue Angaben über die Wasserverhältnisse vor den Meliorationsarbeiten liegen aus dem Gebiet der Gemarkung Riedrode nicht vor, auch wurden vor den hier beschriebenen Maßnahmen keine Grundwassermessungen vorgenommen, die über den früheren Zustand Aufschluß geben könnten. Darstellungen im Generalkulturplan für das hessische Ried ist zu entnehmen, daß die Felder in diesem Bereich sehr häufig unter Wasserüberschuß litten und daß die vorhanden gewesenen, stellenweise sehr eng nebeneinander liegenden flachen Entwässerungsgräben mit ihrer geringen Leistungsfähigkeit keinen ausreichenden Abfluß gestatteten.

Auf Grund der natürlichen Gegebenheiten bildeten sich bestimmte Bodentypen aus, die sich bisher auch kaum verändern konnten. Es ist lediglich anzunehmen, daß ein Teil der heute als Anmoorgleye bzw. Gleyböden klassifizierten Böden des Bruchs vor der Entwässerung mehr dem Typ der Niedermoores entsprachen. Die Böden der Sandgebiete werden im wesentlichen als Braunerden bezeichnet. Auenböden kommen vorwiegend im Gebiet der alten Hochflutablagerungen im Inneren der Gemarkung vor.

Die Melioration des Gebietes wurde in Verbindung mit der Flurbereinigung durchgeführt, wodurch ebenfalls eine neue Wegeanlage entstand. Im Luftbild sind neben den alten Entwässerungsgräben auch eine ganze Reihe alter Feldwege zu erkennen. Allerdings muß man dabei berücksichtigen, daß nicht alle als "Streifen" oder "Schlieren" im Luftbild sichtbaren Erscheinungen als ehemalige Gräben, Wasserläufe oder Wege zu deuten sind. Einige Streifen, besonders die dunklen, sind langgestreckte Rücken von geringer Höhe innerhalb des Ackerlandes. Diese als "Ackerwälle" bezeich-

neten Kleinformen können wohl ebenfalls ehemalige Feldwege sein, doch sind in bezug auf ihre Entstehung auch andere Möglichkeiten anzunehmen, die von Ingo SCHÄFER in zwei Arbeiten eingehend behandelt werden¹⁶⁷⁾.

Neben der Melioration des bestehenden Kulturlandes wurden in den Jahren 1933 bis 1935 die von der staatlichen Gemarkung "Lorscher Wald" an die neue Gemarkung Riedrode fallenden 114 ha Wald gerodet und unter den Pflug genommen. Damit entstanden im Nordosten sowie im Südwesten der Gemarkung neue Ackerflächen. Westlich der Ortschaft entstand auf ehemaligem Waldboden eine kleine Obstplantage. Im Luftbild hebt sich das im Südwesten neu gewonnene Ackerland einmal durch die hellere Farbe seines Sandbodens vom daran nach Norden anschließenden Bruchgebiet ab, zum anderen durch die außerordentlich markant hervortretende Nutzungsgrenze.

Inwieweit hat sich nun das Acker-Grünland-Verhältnis im Laufe der letzten Jahrzehnte im Bereich der Gemarkung Riedrode verändert?

Um dies zu veranschaulichen, wurde ein Vergleich verschieden alter Meßtischblätter durchgeführt (Abb. 23). Ein Vergleich der verschiedenen Bodenbenutzungserhebungen ist für diese junge Gemarkung nicht durchführbar; er muß aber ohnehin auch für die übrigen Gemarkungen wegen der Verschiebung der Bezugsbasis (bis 1938 Belegenheitsprinzip, ab 1938 Betriebsprinzip) ausschalten¹⁶⁸⁾.

Da sich die Berichtigungen auf den gesamten Karteninhalt, also auch auf die Kulturarten beziehen, und dieselben zumeist auch im Gelände vorgenommen werden¹⁶⁹⁾, wurden zur Feststellung der Flächennutzung

167) SCHÄFER, Ingo; 1954 und 1957.

168) GÖPNER 1958.

169) GÖPNER 1958, S. 332.

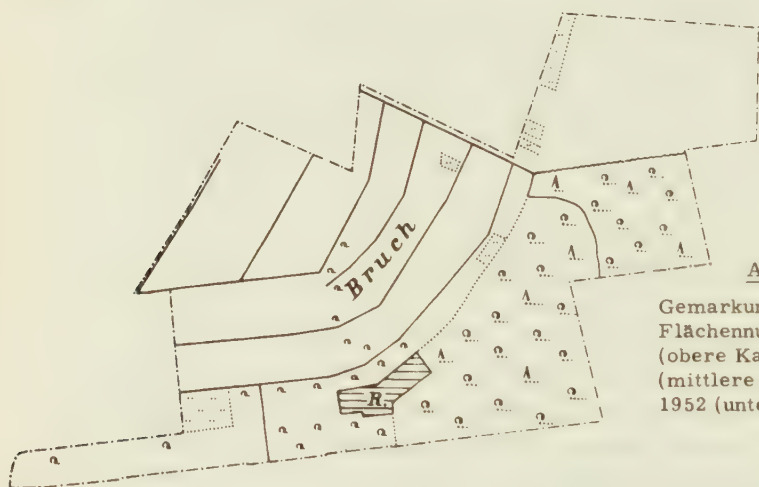
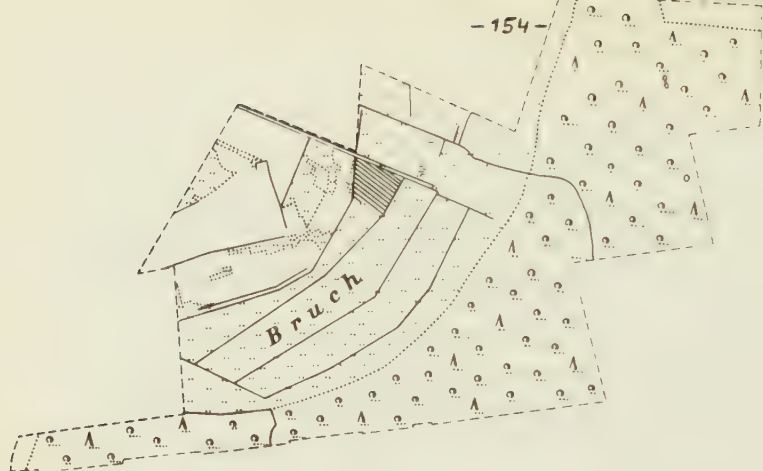
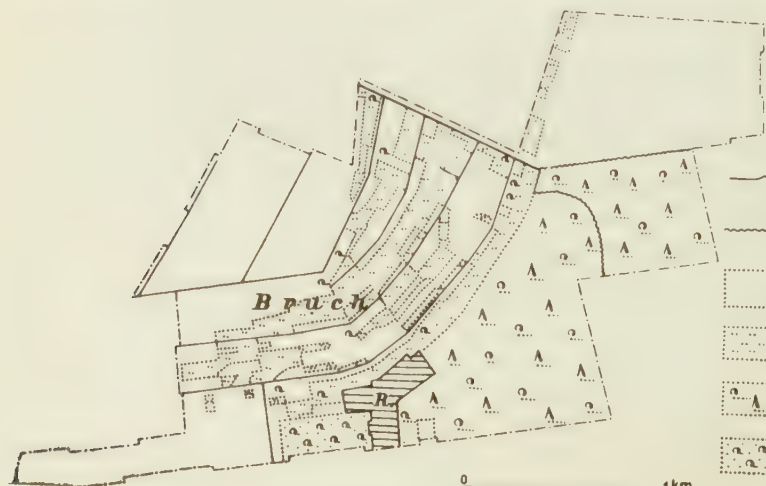


Abb. 23

Gemarkung Riedrode.
Flächennutzung um 1903/05
(obere Karte), um 1937
(mittlere Karte) und um
1952 (untere Karte)



— Graben, Bach

--- Trockener Gr.

□ Ackerland

□ Wiese bzw. Weide

□ Wald

□ Obstkultur

0 1 km

die älteste zugängliche Meßtischblattausgabe vom Anfang des Jahrhunderts (1903-1905) sowie die Karten mit den Berichtigungsständen von 1937 und 1952 verwandt.

Die älteste Karte (Abb. 23, Karte 1) zeigt recht eindrucksvoll die Ausdehnung des Bruchgebietes mit seinem alten Entwässerungssystem. Dieser Bereich wurde zunächst lückenlos als Wiese bzw. Weide genutzt. Auch im inneren Teil der Gemarkung ist der Wiesenanteil recht beträchtlich.

Nach den Entwässerungsmaßnahmen der Jahre 1933-35 tritt nun eine völlige Veränderung der Flächennutzung ein. Wie aus der Abb. 23, Karte 2 hervorgeht, sind um das Jahr 1937 - kurz nach Gründung der Gemarkung Riedrode - fast sämtliche Wiesen umgebrochen und dem Ackerbau erschlossen worden.

Im Laufe der Zeit stellte sich jedoch heraus, daß sich das Grundwasser nicht wesentlich abgesenkt hatte. Die Äcker des Bruchs waren häufig durch Staunässe gefährdet und lieferten unsichere Erträge. Nach und nach wurden demzufolge die tiefliegenden Teile wieder der Wiesenutzung zugeführt. Auf diese Weise entstand im Bruch ein reger Wechsel von Äckern und Wiesen, der im wesentlichen das Bodenrelief widerspiegelt (Abb. 23, Karte 3). Seit 1952, dem Stand der Karte 3, fand keine weitere wesentliche Veränderung des Acker-Grünland-Verhältnisses statt. Diese Art der Flächennutzung hat sich seitdem bewährt und wird auch in Zukunft beibehalten werden¹⁷⁰⁾.

Angebaut werden im Bereich der Gemarkung Riedrode fast sämtliche Getreidearten, vor allem Winterweizen und Roggen. Sommergerste, Hafer sowie auch Wintergerste nehmen nur einen geringen Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche ein. Etwa 40 % der gesamten als Ackerland

170) Nach freundlicher Mitteilung von Bürgermeister Schweier, Riedrode.

genutzten Fläche dienen dem Anbau von Hackfrüchten (Kartoffeln, Futter- und Zuckerrüben) sowie Futterpflanzen. Im Durchschnitt werden recht gute Erträge erzielt. Sie variieren zumeist nur in den Sandgebieten stärker. Erntet man in normalen Jahren hier durchschnittlich 100 Ztr. Kartoffeln pro Morgen, so geben diese Böden in trockenen Jahren, wie das Beispiel des Jahres 1959 zeigte, nur 40 Ztr. pro Morgen ab.

Die Felder des Bruchgebietes, die vorwiegend dem Runkelrüben- und Futterpflanzenanbau dienen, liefern allerdings sowohl in trockenen als auch in feuchten Jahren sehr gute Erträge. Im Durchschnitt geben sie mehr als 300 Ztr. /Morgen Futterrüben ab.

Bei den Wiesen des Bruchs handelt es sich um Saatwiesen, einer Mischung von Gräsern, die auf die besonderen Wasserverhältnisse abgestimmt ist. Die Wiesen werden meist 2mal geschnitten und sind infolge des noch immer zu nassen Bodens von nur mittelmäßiger Qualität. Größere Teile des Grünlandes werden auch als Weiden genutzt.

Die besten und beständigsten Erträge liefern die Böden der alten Hochflutablagerungen im inneren Teil der Gemarkung. Auf diesem, besonders für den Anbau von Weizen und Zuckerrüben geeigneten Gelände, werden im Durchschnitt 20 Ztr. /Morgen Weizen und über 200 Ztr. /Morgen Zuckerrüben geerntet. Erwähnenswert erscheint es, daß die Gemeinde Riedrode keine Beregnungsanlagen besitzt, welche die Erträge trockener Jahre beeinflussen könnten.

Über die Ernteerträge vor Durchführung der kulturtechnischen Maßnahmen können keine genauen Angaben gemacht werden. Die Arbeiten von HAMMER und SCHÄFER geben lediglich die Grundsteuer-Reinerträge in Gulden pro Morgen an, die auf Grund von Schätzungen im vorigen Jahrhundert in Hessen nach Vorschrift des Katastergesetzes vom 13. 4. 1824 gewonnen wurden¹⁷¹⁾.

171) HAMMER und SCHÄFER, Heinrich; 1930.

In den Untersuchungen werden zwölf Klassen unterschieden; Klasse 1 zeigt den geringsten, Klasse 12 den größten Reinertrag pro Morgen an. Wie aus der kartographischen Darstellung SCHÄFERS zu entnehmen ist, wurden die Böden des Bruchs der Gemarkung Riedrode in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts der Klasse 2, die der alten Hochflutablagerungen den Klassen 5 bis 6 zugerechnet.

Zusammenfassend sei festgehalten:

Nach der Entstehung der Gemarkung Riedrode in den 30er Jahren haben sich erhebliche Veränderungen in diesem Raum ergeben. Es wurde ein völlig neues Grabensystem angelegt und mit der verbesserten Feldeinteilung entstanden auch neue Wege. Außerdem rodete man größere Waldflächen, so daß die landwirtschaftliche Nutzfläche zunahm.

Ebenfalls verändert hat sich das Acker-Grünland-Verhältnis: Waren vor den Meliorationsmaßnahmen weite Teile der Gemarkung der Wiesennutzung vorbehalten, so wurden im Anschluß daran fast sämtliche Wiesen in Ackerland umgebrochen. Häufige Schäden durch Staunässe und zu hohe Grundwasserstände im Bruchgebiet machten aber hier sehr bald eine rückläufige Entwicklung notwendig. Heute werden im Bruch nur noch die höher liegenden Geländeteile ackerbaulich genutzt, und auch sie werden hauptsächlich mit Kulturarten bestellt, die hohe Grundwasserstände vertragen können.

Da die Bodenunterschiede in der Gemarkung Riedrode recht beträchtlich sind, ist ansonsten der Anbau der verschiedensten Kulturgewächse möglich. Die Erträge sind meist gut bis sehr gut und nur in den Sandgebieten stärker vom Klima, insbesondere von den Niederschlägen, abhängig.

Seehof.

Der Seehof, zwischen Hüttenfeld und Lorsch westlich des "Landgrabens" gelegen, nimmt eine Fläche von insgesamt 302 ha ein. Wie bereits erwähnt, handelt es sich hierbei um eine gemarkungsfreie Fläche, die verwaltungsmäßig dem Kreis Bergstraße untersteht. Etwa 80 ha werden seit 1953/54 von drei Vollbauern bewirtschaftet, 119 ha befinden sich in den Händen von Hof- und Gutsbesitzer Funk, dem Nachfolger der Heyl'schen Gutsverwaltung, und in die Restfläche teilen sich mehrere Hüttenfelder Bauern.

Das gesamte Gebiet ist geologisch einheitlich ausgebildet; Es besteht aus eingeebnetem humosen Flugsand. Am 29. 6. 1960 wurde das folgende, für weite Teile des Seehofs als typisch anzusehende Bodenprofil erbohrt:

- 30 cm humoser dunkelbrauner Feinsand,
- 30 cm bräunlicher Feinsand,
- 50 cm gelbbrauner Feinsand (rostfleckig, feucht),
- 40 cm grauer nasser Sand.

Die Ergebnisse der Bodenschätzung lassen allerdings eine Differenzierung erkennen, die in den unterschiedlichen Wertzahlen zum Ausdruck kommt. Im Bereich des Seehofs wurden folgende Klassenformeln ermittelt:

für Ackerland	S	4	Al	29 / 31	
	S	3	Al	34 / 36	
	Sl	4	Al	37 / 39	
	Sl	3	Al	42 / 43	
	lS	2	Al	56 / 59	oder ähnlich ¹⁷²⁾ ,
für Grünland	S	II	a 2	41 / 41	
	lS	II	a 2	47 / 47	
	lS	II	a 2	53 / 53	
	L	II	a 2	57 / 57	oder ähnlich ¹⁷²⁾ .

172) S = Sand, Sl = anlehmiger Sand, lS = lehmiger Sand, L = Lehm; die übrigen Symbole wurden in den Fußnoten 165) und 166) erklärt.

Bei den hier vorkommenden Böden handelt es sich im wesentlichen um Semigleye und Gleye bzw. um einen Übergangstyp zwischen Anmoorgleye und Gley¹⁷³⁾.

Grundwassermessungen werden auf dem Gelände des Seehofs noch nicht vorgenommen, so daß genaue Angaben über die hier herrschende Grundwasserspiegelbewegung nicht gemacht werden können. Einzelnen Bohrungen, Befragungen sowie Ergebnissen benachbarter Brunnen zufolge liegt der Grundwasserspiegel jedoch auch heute noch verhältnismäßig hoch, er sinkt nur äußerst selten tiefer als 1,50 m unter Flur.

Aus Berichten von LEPPER, der sich auf verschiedene Archivalien stützt, geht hervor, daß dieses Gebiet ursprünglich seicht und sumpfig war. Es wurde als "palus Laurissensis", d.h. "Lorscher Sumpf", bezeichnet¹⁷⁴⁾. Wie es zur Entstehung dieses Sumpfes kam, ist im einzelnen nicht bekannt. Es ist aber mit Sicherheit anzunehmen, daß zu seiner Bildung in erster Linie zu hohe Grundwasserstände und häufige oberflächliche Überschwemmungen führten. Das Grundwasser konnte in dem tiefliegenden Gebiet mit seinen wasserdurchlässigen Sanden und infolge der noch unregelmäßigen Abflußverhältnisse der angrenzenden Wasserläufe leicht zutage treten. Die Wasserzufuhr wurde jedoch auch künstlich gesteuert.

Bereits im 13. Jahrhundert hat man den Sumpf - wahrscheinlich zum ersten Male - auf Veranlassung des Mainzer Domkapitels trocken gelegt. Der Erfolg war gering, da zu dieser Zeit auch das Landgrabensystem noch nicht bestand¹⁷⁵⁾. In der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts wurde von Pfalzgraf Friedrich I. auf dem Sumpfgelände ein Fischteich angelegt.

173) Nach freundlicher mündlicher Mitteilung von Herrn Regierungsgeol. Dr. Bargon vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden.

174) LEPPER 1938.

175) Vgl. S. 49

Das Wasser hierzu hat man durch Gräben zugeführt, die von der Weschnitz abgeleitet wurden. Von Zeit zu Zeit ließ man aber das Wasser ablaufen und den See austrocknen. Das Gebiet wurde dann als Wiese genutzt und gleichzeitig durch die zwischenzeitliche Pflanzenbedeckung für die Fischzucht erneut geeignet gemacht.

Dieser Wechsel in der Nutzung des Geländes fand bis zum Beginn des 18. Jahrhunderts statt. Im Jahre 1728 entstand das Gut "Seehof", dessen Bezeichnung später auf das gesamte ehemalige Lorscher Sumpf- bzw. Seegebiet überging. Im Laufe der Zeit wurde das bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts zu Kur-Mainz gehörende Hofgut von verschiedenen Pächtern bewirtschaftet und ging schließlich - im Jahre 1769 - in Erbpacht über. Die Bewirtschaftung der Fläche war jedoch mit großen Schwierigkeiten verbunden. Einesteils konnte man dem Sandboden nicht die nötige Pflege angedeihen lassen, und außerdem litt der Boden häufig unter Wasserüberschuß. Angebaut wurden Korn, Gerste, Spelz, Hafer, Welschkorn, Kartoffeln und besonders Tabak¹⁷⁶⁾. Die Erträge waren aber selbst in guten Jahren geringer als diejenigen der umliegenden Gemarkungen. Besonders gefährdet war der Seehof bei Hochwasser, da er den Rückstauwirkungen der benachbarten Gewässer, besonders vom "Landgraben" her, ausgesetzt war. Diese natürlichen Gegebenheiten verschlechterten die wirtschaftliche Lage der Pächter ständig und führten schließlich zu einer Aufteilung des Gutes. Dadurch konnten wohl die einzelnen Felder gründlicher bewirtschaftet werden, doch ergaben sich in Katastrophenjahren noch größere Nachteile als bisher. Traten Mißernten auf, war es für die Pächter der kleinen Flächen unmöglich, die Pachtsummen aufzubringen. Sie verschuldeten daher, besonders bei einer Folge ungünstiger Ernten, immer mehr. Zu Anfang des 19. Jahrhunderts konnten dann die einzelnen Gutsteile als Eigentum erworben werden, wozu jedoch nur einige von den Pächtern in der Lage waren.

176) LEPPER 1938, S. 37.

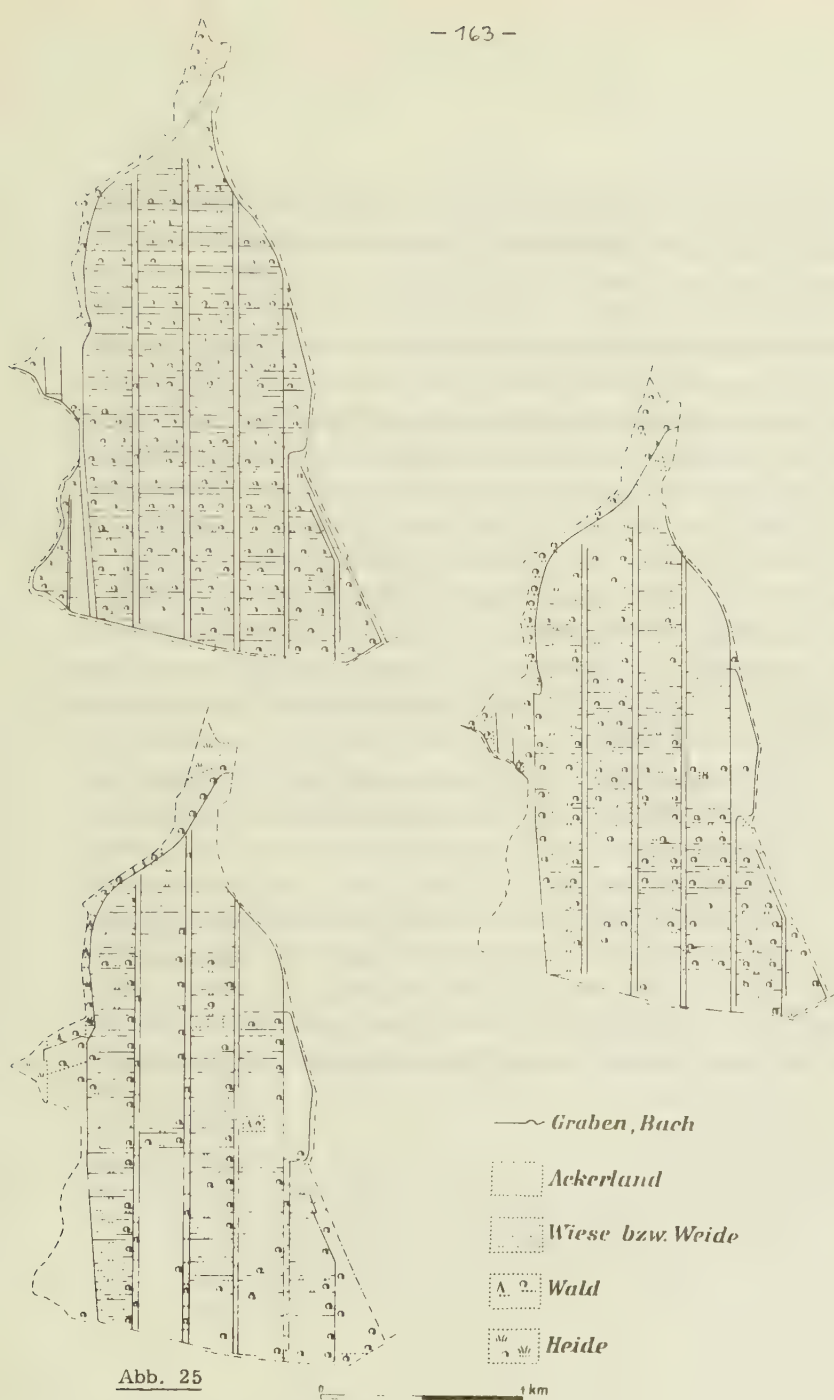
Im Jahre 1833 wurde die Ansiedlung auf dem Gelände des ehemaligen Lorscheer Sees zur selbständigen Gemeinde erklärt. Wirtschaftliche Mißstände zwangen aber sehr bald wieder zur Auflösung. Die Ursache hierfür ist nicht zuletzt in der unsicheren Ertragsfähigkeit der Böden zu suchen.

Eine Verbesserung der ungünstigen Verhältnisse auf dem Seehof trat erst ein, als auf Privatinitiative der Familie Scipio, die das Gut in der Mitte des 19. Jahrhunderts erwarb, ein kostspieliges Ent- und Bewässerungssystem angelegt wurde (1857-1862). Damit konnte das gesamte Gebiet in ein ertragreiches Wiesengelände umgewandelt werden. Das ganz geometrisch angelegte System besteht neben den am Rande der Gemarkung entlang ziehenden Haupt- bzw. Zuleitungsgräben aus 4 parallel zueinander verlaufenden Grabenpaaren, von denen der eine der Entwässerung, der andere der Bewässerung zu dienen hat. Hier von zweigen rechtwinklig kleinere Stichgräben ab, die den Wiesen das Wasser entziehen bzw. durch die Bewässerungsgräben zuzuführen haben. Gleichzeitig mit dem Bewässerungswasser, das in trockenen Jahren von der Weschnitz in die Gräben eingeleitet wurde, kam auch feiner Schlamm zum Absatz, der den Boden verbessern konnte. Die sich durch diese Anlage ergebenden rechteckigen sogenannten "Tafeln" von je etwa 2,5 ha Größe werden wiederum von Gräben, besser gesagt von kleinen Entwässerungsrinnen, durchzogen. Auch sie wurden ganz planmäßig angelegt, so daß sich Abteilungen von 5 m mal 10 m ergeben, die im Gelände leicht gewölbt erscheinen. Dieses hier geschilderte Ent- und Bewässerungssystem ist bis auf die letztgenannten kleinen Rinnen auf der Karte, besonders aber im Luftbild, gut zu erkennen (Abb. 24 und 25). Es bestand in seiner vorbildlichen und gut funktionierenden Anlage etwa bis zu Beginn des 2. Weltkrieges. Da man wenig zu seiner Erhaltung tat, verfiel es in der Folgezeit immer mehr. Heute ist das System nur noch teilweise, im wesentlichen im Süden, erhalten; auf größeren Flächen hat man die Gräben beseitigt. Im trockenen



Abb. 24

Seehof. - Ausschnitt aus einer Flug-Senkrechaufnahme im ungefähren Maßstab 1:22. 000 vom 18. 5. 1953. - Hersteller: Hessisches Landesvermessungsamt, Wiesbaden. Freigegeben: Hess. Minister f. Arbeit, Wirtschaft und Verkehr Nr. 836/58.



Seehof. Flächennutzung um 1891/93 (obere Karte),
um 1937 (mittlere Karte) und um 1952 (untere Karte).

Sommer des Jahres 1959 wurden die noch vorhandenen Gräben zur Bewässerung des Geländes benutzt. Damit konnten die Ernteerträge günstig beeinflußt werden.

Nach den auf Veranlassung der Familie Scipio durchgeführten Ent- und Bewässerungsmaßnahmen wurde fast der gesamte Seehof zum "Wiesengut". Diese Nutzungsform behielt man zunächst auch im wesentlichen bei, wie ein Vergleich der Meßtischblattaufnahmen von 1891/93 und 1937 (Berichtigungsstand) erkennen läßt (Abb. 25, Karten 1 und 2). Kurz vor dem 2. Weltkrieg bestanden auf dem Seehof nur geringe Ackerflächen. Die Wiesen gaben sehr gute Erträge ab. LEPPER berichtet in seiner Arbeit, daß das hier wachsende gute Heu und Grummet von den Bauern zahlreicher Ortschaften des wiesenarmen Kreises Bensheim (heute Kreis Bergstraße) gern gesteigert wurde¹⁷⁷⁾. Über die günstigen Wiesenerträge geben auch die durch die alten Grundsteuereinschätzungen von SCHÄFER ermittelten Ertragsklassen Auskunft. Infolge der guten Entwässerung - es muß sich in diesem Falle um Schätzungsergebnisse nach 1862 handeln - hat er die Wiesen auf den humosen Flugsanden des Seehofs den Klassen 5 bis 8 zugerechnet¹⁷⁸⁾.

Der Umbruch größerer Wiesenflächen wurde erst nach 1950 vorgenommen, und zwar vorwiegend bei der Einrichtung der drei anfangs genannten Vollbauernstellen. Nach 1952, dem Berichtigungsstand der Karte 3 (Abb. 25), war etwa die Hälfte Wiesengelände. Heute nehmen die Wiesen nur noch einen geringen Teil der Gesamtfläche ein, die Ackernutzung herrscht entsprechend vor.

177) LEPPER 1938, S. 97.

178) SCHÄFER, Heinrich; 1930, S. 19.

Vgl. auch die Ausführungen auf S. 156/57 der Arbeit.

Auf dem Gelände des Seehofs werden heute fast sämtliche Kulturgewächse angebaut, im wesentlichen Weizen, Roggen, Sommergerste, Zuckerrüben und Kartoffeln. Für Wintergerste eignet sich der Boden wegen des im Frühjahr noch immer hohen Grundwasserstandes allerdings nicht. Dagegen werden bei Sonderkulturen, wie Saatgurken und grünen Erbsen, recht gute Anbauerfolge erzielt. Im allgemeinen gibt der Boden des Seehofs auch günstige Erträge ab. Es konnten bisher folgende Durchschnittsernten festgestellt werden (in Ztr. / Morgen): Getreide 15-20, Zuckerrüben 180-200, Kartoffeln 120-140, Saatgurken 200 und grüne Erbsen 50¹⁷⁹⁾.

Die noch bestehenden Wiesen werden zumeist 3 bis 4mal geschnitten, sie tragen aber hauptsächlich noch feuchtigkeitsliebende Gräser. Bisher waren die Erträge auf dem Seehof durch oberflächliche Überflutungen, besonders vom "Landgraben" her, noch teilweise gefährdet. Im Rahmen der Weschnitz-Regulierung werden jedoch auch die Abflußverhältnisse des "Landgrabens" verbessert. Ein Rückstau bei Hochwasser sowie eine damit verbundene Überschwemmung des angrenzenden Geländes wird hierdurch weitgehend vermieden. Da auch in trockenen Jahren mit Hilfe der vorhandenen Beregnungsanlagen das auf den durchlässigen Sandböden mögliche Ertragsdefizit ausgeglichen werden kann, ist in Zukunft mit gleichmäßig guten Ernten auf dem Gelände des Seehofs zu rechnen.

Zur Zeit wird auch die Anlage von Windschutzstreifen auf der baumlosen, fast ebenen Fläche diskutiert, wodurch ebenfalls bei Trockenheit der Wasserhaushalt eine günstige Beeinflussung erfahren kann.

Zusammenfassend sei nochmals das Wesentlichste über die gemarkungsfreie Fläche Seehof hervorgehoben.

179) Nach Aussagen von Bauer Zischka, Seehof.

Es handelt sich hierbei um ein ursprünglich seichtes, sumpfiges Gelände, das im Laufe der Zeit einem starken Wandel unterlag. Diente dieses Gebiet zunächst abwechselnd der Fischzucht und der Wiesennutzung (15. bis 18. Jahrhundert), so begann man Mitte des 18. Jahrhunderts damit, hier Ackerbau zu betreiben. Hohe Grundwasserstände und häufige Überschwemmungen sowie auch die von Natur aus geringwertigen Sandböden ließen jedoch keine rentable Bewirtschaftung zu.

Erst die Mitte des 19. Jahrhunderts durchgeführte planmäßige Ent- und Bewässerung machte aus dem Seehof ein außerordentliches ertragreiches Wiesengut. Nach und nach wurden jedoch die Wiesen erneut in Ackerland umgewandelt. Das Acker-Grünland-Verhältnis hat sich aber erst nach dem 2. Weltkrieg zugunsten des Ackerlandes verschoben.

Die hier vorhandenen einheitlichen Bodenverhältnisse gestatten heute bei entsprechender Bearbeitung und Düngung den Anbau fast sämtlicher Kulturgewächse. Die Erträge sind im allgemeinen gut, auch in trockenen Jahren, in denen man das Ertragsdefizit durch Beregnungen ausgleichen kann. Besonders positiv wirkt sich die Verminderung der Überschwemmungsgefahr aus, die durch die Regulierungsmaßnahmen an Weschnitz und "Landgraben" eingetreten ist.

Heppenheim (Riedanteil).

Hat man bei den beiden bisher betrachteten Gemarkungen Riedrode und Seehof die sich im Laufe der Zeit ergebenden Veränderungen, besonders in der Flächennutzung, nachweisen können, so handelt es sich bei der dritten Beispielgemarkung um ein Gebiet, in dem es während des zu betrachtenden Zeitabschnittes - d. h. seit den größeren Eingriffen in den Wasserhaushalt, wie Fluß- und Bachregulierungen sowie Meliorationen - kaum zu wesentlichen Wandlungen im Bild der Agrarlandschaft gekommen ist.

Diese Betrachtung beschränkt sich selbstverständlich nur auf den zum hessischen Ried gehörenden Teil der Gemarkung Heppenheim, ein Gebiet, das 1570 ha der insgesamt 2948 ha großen Gemarkungsfläche einnimmt.

Geologisch-bodenkundlich erhält der Heppenheimer Riedanteil sein Gepräge durch die Ablagerungen der Flüsse und Bäche. Die einzelnen aus dem Odenwald kommenden Wasserläufe haben beim Eintritt in die Ebene Schwemmfächer ausbilden können, die aber randlich ineinander übergehen, so daß diese Ablagerungen als ein breites Band am Gebirgsrand erscheinen. Die sandig-lehmigen Sedimente der Odenwaldbäche keilen nach Westen hin, etwa in der Mitte des Heppenheimer Riedanteils, aus und nehmen von hier an nur noch wenige Meter beiderseits der Bäche ein. Teilweise werden die Wasserläufe auch von dem aus dem Odenwald stammenden Material über das Niveau des angrenzenden Geländes gehoben. Der westliche Teil des Untersuchungsraumes und darüber hinaus bis zur Alten Weschnitz bzw. dem fast parallel dazu verlaufenden "Landgraben" wird vorwiegend von den Flußschlickten des Neckars erfüllt. Es sind lehmig-tonige Sedimente, die stellenweise mit dem Material der Odenwaldbäche vermischt sind oder davon überlagert werden. Die Mächtigkeit der Neckarschlicke ist nicht einheitlich. Trifft man sie an einzelnen Stellen noch über 1,20 m bis 1,50 m Tiefe an, so bilden sie anderenorts nur eine dünne Decke über mächtigen Flugsanden.

Der Heppenheimer Riedanteil wird aber außer von diesen hier beschriebenen Ablagerungen noch von den alten Flußbetten des Neckars selbst bestimmt. Sie verlaufen im Norden und Süden dicht am Gebirge, nur bei der Ortschaft Heppenheim biegen sie stärker nach Westen aus. Im allgemeinen werden die Neckarbetten von den jüngsten Ablagerungen der Odenwaldbäche überdeckt. Im nordöstlichen Teil des Untersuchungsraumes ist es - wie auch an anderen Stellen des hessischen Rieds, z. B. zwischen Pfung-

stadt und Bickenbach - zu seenartigen Verbreiterungen des Flusses gekommen. Hier konnte sich Torf bilden, der als Heizmaterial Verwendung fand. Heute werden in der als "Rickenbruch" bezeichneten Verbreiterung des alten Neckarlaufes nur noch die Tonvorkommen ausgebeutet. Die verlassenen Gruben hat man zum Teil zugeschüttet und das Gelände unter Kultur genommen. Dort aber, wo die ehemaligen Tongruben noch vorhanden sind, konnten sie sich mit Grundwasser füllen und gaben zur Entstehung eines Sumpfgebietes Anlaß, das zum Natur- und Vogelschutzgebiet erklärt wurde.

Auch das "Bruch" im südwestlichen Teil des Untersuchungsgebietes stellt eine besondere Erscheinung im Bereich des alten Neckarlaufes dar. Es liegt etwa 1 m tiefer als das angrenzende Gelände und setzt sich auch deutlich gegen dieses ab. Hier hat sich ein charakteristisches Niedermoor herausbilden und bis zur Gegenwart erhalten können.

Entscheidend für die landwirtschaftliche Nutzung der Heppenheimer Riedgemarkung sind bis zum heutigen Tage die Wasserverhältnisse dieses Gebietes. Vergleicht man, wie es bisher bei den übrigen Beispielgemarkungen getan wurde, die Meßtischblattaufnahmen der einzelnen Berichtigungsstände miteinander, so fällt die Tatsache auf, daß sich das Acker-Grünland-Verhältnis seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts bis zur Gegenwart kaum verändert hat (Abb. 26 und 27)¹⁸⁰⁾. Das Gelände nördlich des Stadtbachs wird schon von jeher vorwiegend ackerbaulich genutzt, während in der südlichen Hälfte die Wiesen und Weiden den größten Teil der Fläche einnehmen. Diese Verschiedenheit der Flächennutzung kommt schon in den einzelnen Flurnamen zum Ausdruck. Findet man im Nordteil hauptsächlich

180) Da die Flächennutzung der Karte mit dem Berichtigungsstand von 1937 nur unwesentlich von der der beiden hier wiedergegebenen Karten abweicht, wurde hier auf die dritte Darstellung verzichtet.

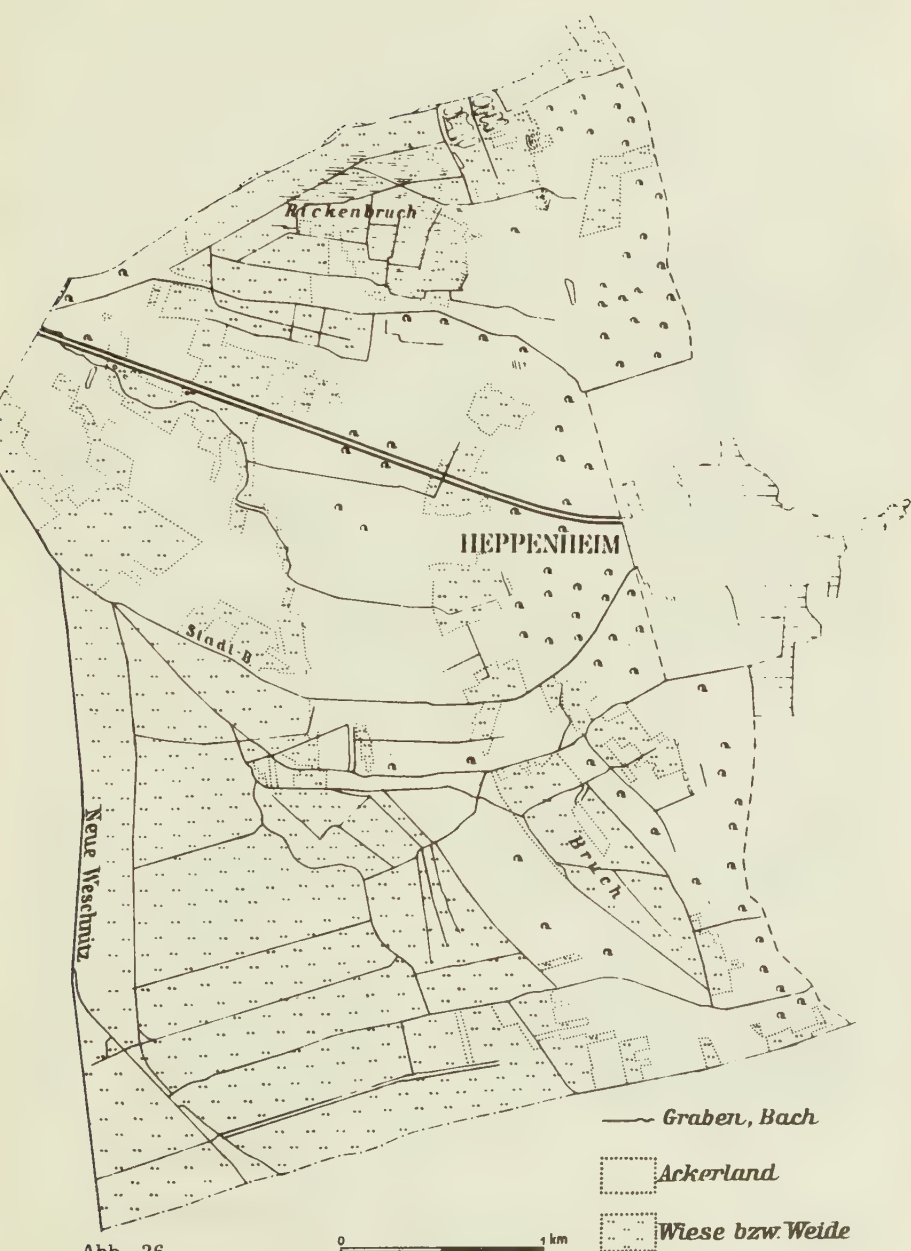


Abb. 26

Heppenheim (Riedanteil). Flächennutzung um 1891/93

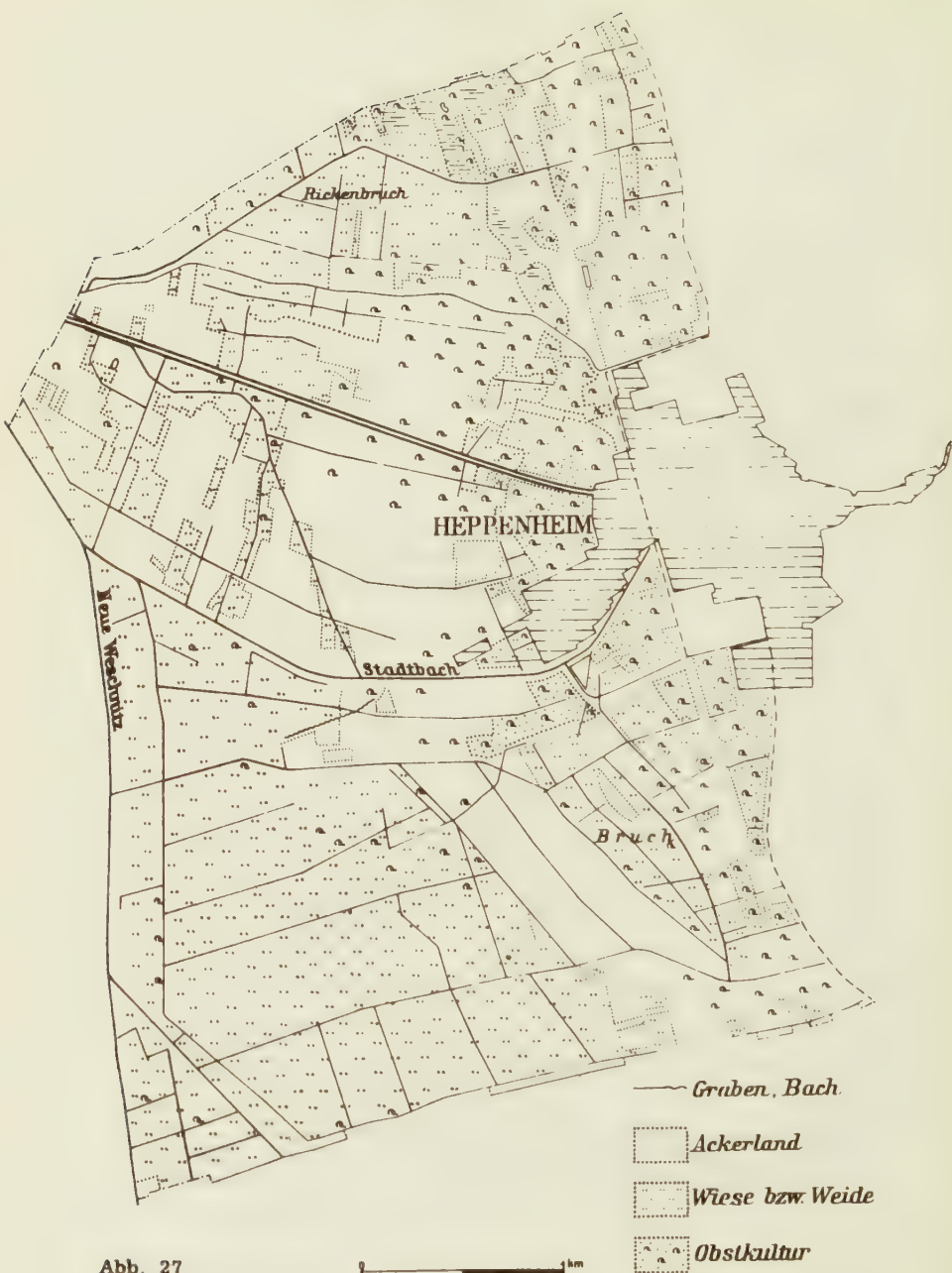


Abb. 27

Heppenheim (Riedanteil). Flächennutzung um 1952

Bezeichnungen wie "Brückeläcker", "Krumme Äcker" und "In den Haferäckern", so beschreiben im Südteil "Weide", "Rinderplatz", "Neue Wiesen", "Bickenbacher Wiesen" etc. die hier vorherrschende Nutzungsform.

Es wurde bereits bei den Betrachtungen über die Fließrichtung des Grundwassers sowie über den durchschnittlichen Flurabstand des Grundwasserspiegels auf die ungünstigen Wasserverhältnisse im Bereich des Heppenheimer Südteils hingewiesen. Vor allem sind es die starken Grundwasserspiegelschwankungen und die damit verbundenen zeitweise sehr hohen Grundwasserstände, die keinen geregelten Ackerbau in diesem auch als "Heppenheimer Riedwiesen" oder "nasse Gemarkung" bezeichneten Bereich zulassen. Es sollen an dieser Stelle noch einmal die bereits auf den Seiten 99/100 erwähnten Möglichkeiten für die Entstehung der hier herrschenden Grundwasserverhältnisse zusammengefaßt werden. Dabei wurden im wesentlichen die neuesten Untersuchungsergebnisse des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, Wiesbaden, das im Auftrage der Stadt Heppenheim zahlreiche Gutachten erstellte, zugrunde gelegt.

1. Der Süden des Heppenheimer Riedanteils wird von einem dichten Bach- bzw. Grabennetz durchzogen. Bei größerer Wasserführung der Vorfluter, besonders der beiden Weschnitz-Arme, kann es häufig zu Rückstau und damit zu einer Erhöhung des Grundwasserspiegels kommen.
2. Das Wasser in den Bächen und Gräben steht mit dem Grundwasser in Verbindung, besonders dort, wo die Schlickbedeckung nur eine geringe Mächtigkeit aufweist bzw. ganz fehlt. Auf diese Weise kann Oberflächenwasser ins Grundwasser dringen, das durch die Bäche aus dem Odenwald herangeführt wird.

3. Die im Südteil vorhandenen mehr oder weniger großen Flugsandinseln scheinen für die hier herrschenden Grundwasserverhältnisse überhaupt entscheidende Bedeutung zu haben. Ihr Vorkommen geht nicht allein aus der geologischen Spezialkarte 1:25.000, Blatt Bensheim, und einzelnen Bohrungen hervor, sondern ist auch auf den Luftbildaufnahmen zu erkennen, in denen die Sande als verschieden große hellere Flecke innerhalb der Heppenheimer Riedwiesen erscheinen (Abb. 28).

Die Flugsandinseln sind in der Lage, die über dem Gelände direkt fallenden Niederschläge aufzunehmen und dem Grundwasser zuzuführen. Außerdem kann sich in diesen Sandinseln bei hohen Grundwasserständen Wasser anreichern, wodurch schließlich oberflächliche Überschwemmungen verursacht werden können¹⁸¹⁾.

4. Entgegen der sonst im hessischen Ried herrschenden Fließrichtung des Grundwassers von E nach W tritt im Bereich der Heppenheimer Riedwiesen eine S-N-Richtung auf.

Im ganzen gesehen muß als Ursache für die Entstehung der besonderen Grundwasserverhältnisse im Bereich der Heppenheimer Riedwiesen ein Komplex verschiedener Wirkungsfaktoren angenommen werden, deren Bedeutung im einzelnen noch nicht zu erfassen ist.

Das Gebiet nördlich des Stadtbachs wird kaum durch die hier beschriebenen Erscheinungen bestimmt. Das Gewässernetz ist weniger dicht, die Schlick- und Schwemmlerablagerungen sind im allgemeinen wesentlich mächtiger, und die im Südteil auftretenden Sandinseln fehlen im Norden fast gänzlich. Außerdem gleicht sich die für den Südteil charakteristische S-N-Strömung des Grundwassers nach Norden hin immer mehr dem im

181) In diesem Zusammenhang sei auf das von Herrn Regierungsgeol. Dr. E. Bargon bearbeitete Gutachten über den entwässerungsbedürftigen westlichen Gemarkungsteil von Heppenheim vom April 1960 verwiesen, in das der Verfasser freundlicherweise die Einsichtnahme gestattete.



Abb. 28

Teilgebiet der Gemarkung Heppenheim. - Ausschnitt aus einer Flug-Senkrechtaufnahme im ungefähren Maßstab 1:22.000 vom 4. 5. 1953. - Hersteller: Hessisches Landesvermessungsamt, Wiesbaden. Freigegeben: Hess. Minister f. Arbeit, Wirtschaft und Verkehr Nr. 836/58.

hessischen Ried üblichen E-W-Verlauf an. Der Nordanteil des Untersuchungsgebietes wird auch als "Bauerngemarkung" bezeichnet. Es kommt damit das Vorherrschen des Ackerbaus zum Ausdruck, das nicht zuletzt in den wesentlich günstigeren Wasserverhältnissen begründet ist.

Dem Wasserhaushalt entsprechend haben sich die Bodentypen ausbilden können. Der Südteil wird hauptsächlich von Gleyböden bestimmt; auf dem "Weidacker", einem etwas höher liegenden und damit dem Ackerbau erschlossenen ca. 40 ha großen Flurstück westlich des "Bruchs" sowie teilweise auch im Bereich der Flugsandinseln sind Aueböden entstanden. Das "Bruch" ist noch heute ein echtes Niedermoor.

Der Norden des Heppenheimer Riedanteils wird im wesentlichen durch die gleichen Bodentypen bestimmt, nur ist hier der Anteil an Aueböden größer¹⁸²⁾.

Die Bodenwerte liegen nach den Ergebnissen der Bodenschätzung bei den als Ackerland genutzten Böden relativ hoch. Es werden Werte zwischen 50 und 70 erreicht, selbst dort, wo der Anteil an tonigen Komponenten größer ist. Die auf dem Ackerland des Heppenheimer Riedanteils gewonnenen Klassenformeln lauten wie folgt:

$$LT \quad 5 \quad Al \quad 55 / 59$$

$$LT \quad 4 \quad Al \quad 58 / 64$$

$$L \quad 4 \quad Al \quad 62 / 71 \text{ oder ähnlich}^{183)}$$

Die Riedwiesen werden ebenfalls durchschnittlich gut bewertet. Sie weisen jedoch starke Unterschiede im Wasserhaushalt auf, eine Tatsache, die deutlich in den einzelnen Formeln zum Ausdruck kommt:

182) Vgl. die von Dr. E. Bargon im Rahmen des bereits erwähnten Gutachtens durchgeführte Bodenkartierung.

183) L = Lehm, T = Ton; die Bedeutung der übrigen Symbole wurde bereits bei der Betrachtung der Gemarkungen Riedrode und Seehof erklärt.

T	III	a	4	28 / 26
T	III	a	3	35 / 31
T	II	a	3	46 / 46
L	II	a	3	48 / 48
T	II	a	2	56 / 56 oder ähnlich.

In den vergangenen Jahrzehnten hat man wiederholt versucht, die Heppenheimer Riedwiesen zu entwässern und ackerbaulicher Nutzung zu erschließen. Bei allen bisherigen Planungen hat es sich jedoch als äußerst nachteilig erwiesen, daß man mit den angrenzenden badischen Gemeinden, die ebenfalls Anteile an den Riedwiesen besitzen, keine Einigung über einheitliche Entwässerungsmaßnahmen erzielen konnte. Im Rahmen der Riedmelioration wurde das Grabennetz der Gemarkung wesentlich verbessert und die bereits vorhandenen Dämme verstärkt, doch blieben die Abflußverhältnisse weiterhin ungünstig und die Grundwasserstände zu hoch. Ein feldmäßiger Anbau von Kulturgewächsen ist nach wie vor mit einem großen Risiko verbunden und lohnt sich auf dem Gelände der Heppenheimer Riedwiesen bis heute nicht. Auch durch die im Zusammenhang mit dem Weschnitz-Rahmenplan durchgeführten Maßnahmen wird auf dem Heppenheimer Riedanteil keine wesentliche Veränderung der bisher bestehenden Wasserhältnisse zu erwarten sein.

b) Die zwischen den Wandlungen in der Agrarlandschaft und den Wasserhaushaltsveränderungen bestehenden Beziehungen.

Es konnten an Hand der Beispielgemarkungen, mit Ausnahme des Riedanteils der Gemarkung Heppenheim, Veränderungen in der Kulturlandschaft des hessischen Rieds, insbesondere in der Flächennutzung, nachgewiesen werden, die sich seit Durchführung der größeren wasserwirtschaftlichen bzw. kulturtechnischen Maßnahmen ergeben haben. Dabei wurde der Zusammenhang mit den Wasserhaushaltsveränderungen nur angedeutet. Im folgenden soll nun näher untersucht werden, welche Beziehungen zwischen

diesen Wandlungen und den nachgewiesenen Wasserhaushaltsveränderungen bestehen. Vor allem ist die Frage nach der Bedeutung des Grundwassers für die Wasserversorgung der Kulturpflanzen zu klären. Zum besseren Verständnis dieses Problems seien zunächst einige allgemeine Bemerkungen vorangestellt.

Die Pflanze deckt ihren Wasserbedarf vornehmlich aus den Niederschlägen, und erst wenn der hierdurch geschaffene Wasservorrat erschöpft bzw. nicht mehr in ausreichendem Maße vorhanden ist, nutzt sie das ihr von unten her - aus dem Grundwasser - zugeführte Wasser aus. Die den Pflanzen aus den Niederschlägen zur Verfügung gestellte Wassermenge ist von verschiedenen Faktoren abhängig und kann von Ort zu Ort stark variieren.

Das Niederschlagswasser folgt einmal der Schwerkraft und bewegt sich langsam abwärts zum Grundwasserspiegel. In diesem Bereich wird es als Senk- oder Sickerwasser bezeichnet. Es kann dem Boden aber auch als Haftwasser erhalten bleiben. Beim Haftwasser unterscheidet man im wesentlichen das hygroscopische und das Kapillarwasser, auch ruhendes Porensaugwasser genannt¹⁸⁴⁾.

Hygroscopisches Wasser ist an der Oberfläche der Bodenteilchen durch molekulare Anziehung gebundenes Wasser. Das Kapillarwasser dagegen wird nach der Definition von WALTER "durch die zwischen den Bodenteilchen in den Poren sich bildenden Wassermengen kapillar zurückgehalten, breitet sich kapillar aus und sinkt nicht ab" (185).

Es ist für diese Betrachtung wesentlich, daß es sich beim Haftwasser stets um im Boden befindliches, nicht mit dem Grundwasser in Verbindung

184) Vgl. GIESSLER 1957, S. 30.

WALTER 1950, S. 207-208.

KOEHN 1948, S. 23.

RAMANN 1918, S. 10.

LAATSCH 1957, S. 167.

SCHAEFFER und SCHACHTSCHABEL 1956, S. 121-122.

185) WALTER 1950, S. 208.

stehendes Wasser handelt. Die Haftwassermenge, die der Boden festhalten kann, die sogenannte Wasserkapazität, wird weitgehend von der Bodenart bestimmt. Lehmig-tonige Böden verfügen über ein wesentlich größeres Wasserhaltevermögen als Sandböden, bei denen der Sickerwasseranteil überwiegt. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß nicht die gesamte im Boden gespeicherte Haftwassermenge von den Pflanzen voll ausnutzbar ist, sondern stets ein gewisser Anteil, sogenanntes "totes Wasser", im Boden zurückbleibt¹⁸⁶⁾.

Zwischen den Haftwasserbereich und das Grundwasser schiebt sich eine Zone des vom Grundwasser aufsteigenden Kapillarwassers ein. Diese Zone wird auch als geschlossener Kapillar- oder Saugsaum bezeichnet¹⁸⁷⁾, da sie keine Bodenluft enthält. Welche Rolle spielt nun dieses aufsteigende Kapillarwasser für die Wasserversorgung der Pflanzen? Voraussetzung ist, daß

1. die Pflanzenwurzeln tief genug in den Boden eindringen,
2. der Grundwasserspiegel mit seinem darüber befindlichen Saugsaum einen günstigen Flurabstand aufweist und
3. die kapillare Steighöhe und Steiggeschwindigkeit ausreicht, um von den Pflanzenwurzeln erreicht zu werden.

Über diesen Fragenkreis sind besonders in der letzten Zeit zahlreiche Veröffentlichungen erschienen. Sie stützen sich einmal auf Laboratoriumsversuche, zum anderen auf Beobachtungen im Gelände. Im folgenden sollen die wichtigsten Ergebnisse der Einzeluntersuchungen zusammenfassend dargestellt werden.

186) Vgl. LAATSCH 1954, S. 170.

187) KOEHNE 1948, S. 11-12.

Die Durchwurzelungstiefe der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen hängt nicht allein von der Fähigkeit der Pflanze ab, sondern ist zu einem erheblichen Teil von der Bodenstruktur, der Bodenart sowie von dem Zustand des Bodens abhängig. Ein im Boden befindlicher Verdichtungshorizont, wie er durch Ortsteinbildung, eine Pflugsohle oder durch das im hessischen Ried häufig auftretende "Rheinweiß"¹⁸⁸⁾ entstehen kann, behindert das Tiefenwachstum der Pflanzenwurzeln beträchtlich. Außerdem muß man berücksichtigen, daß die Wurzeln je nach ihrem Alter verschiedenen tief in den Boden eindringen und auch die Sorten der einzelnen Kulturarten sich in bezug auf die Wurzelentwicklung unterschiedlich verhalten. Auch die Bearbeitung des Bodens sowie die Vorfrucht spielt hierbei eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Von entscheidender Bedeutung für die Durchwurzelungstiefe ist auch der Wasserhaushalt des Bodens selbst. In das Grundwasser dringen die Wurzeln der Kulturpflanzen nicht hinein. Dies verbieten die hier vorhandenen schlechten Durchlüftungsverhältnisse.

Damit die Pflanzenwurzeln sich entfalten und dem Boden die nötigen Nährstoffe entziehen können, muß also zunächst ein ausreichender Abstand des Grundwasserspiegels von der Erdoberfläche (Flurabstand) gegeben sein. Ein zu hoher Grundwasserspiegel kann lediglich den Wiesengräsern bzw. Sumpf- und Moorpflanzen günstige Entwicklungsmöglichkeiten bieten. Ihr Wurzelraum erfaßt hauptsächlich die obersten 20 cm des Bodens.

Genaue Ermittlungen über die Wurzeltiefen stellten vor allem SCHULZE¹⁸⁹⁾ und in neuerer Zeit KUTSCHERA¹⁹⁰⁾ und KLAPP¹⁹¹⁾ an. Sie kamen trotz

188) Vgl. die Abschnitte A 1 und C 2 a) dieser Arbeit.

189) SCHULZE 1911.

190) KUTSCHERA 1960.

191) KLAPP 1961, S. 114-118.

einzelner Abweichungen dabei übereinstimmend zu dem Ergebnis, daß die Wurzeln der hauptsächlichsten Kulturpflanzen bei entsprechenden Voraussetzungen, besonders bei genügender Tiefgründigkeit der Böden, Tiefen von mehr als 150 cm erreichen können.

Oftmals wird auch die Ansicht vertreten, daß die Wurzelmasse nach unten stark abnimmt und nur ganz vereinzelte Wurzelstränge tiefere Bodenschichten erreichen, denen für die Wasseraufnahme kaum Bedeutung zugemessen wird. Befindet sich auch in jedem Falle die Hauptmasse der Pflanzenwurzeln in den obersten Teilen des Bodens - eine Tatsache, die schon auf Grund der durch die Bearbeitung des Bodens geschaffenen günstigeren Entwicklungsvoraussetzungen selbstverständlich ist - so ist doch bei vielen Kulturarten die Wurzelmasse auch noch im unteren Teil recht beträchtlich. Diese Erscheinung trifft besonders für den Weizen zu¹⁹²⁾.

Außerdem besitzt die Pflanze die Fähigkeit, ihre Wurzeln dem jeweiligen Feuchtigkeits- bzw. Trockenheitsgrade anzupassen. Das Wurzelsystem ist keinesfalls als stationär zu betrachten und durchaus in der Lage, das Wasser tieferer Bodenschichten aufzusuchen, vorausgesetzt, daß die Veränderungen der Feuchtigkeitsverhältnisse nicht zu extrem sind. Auch nach den Seiten hin kann sich das Wurzelgeflecht ausdehnen, um somit im Boden gespeichertes Wasser, das sogenannte Haftwasser, eines größeren Umkreises zu verwerten. In diesem Zusammenhang wird auch vom "Abweiden" der feuchteren Bodenschichten durch die Pflanzenwurzeln gesprochen¹⁹³⁾.

Wie weit kann nun das Wasser aus dem Grundwasserbereich kapillar aufsteigen und somit den in die Tiefe strebenden Pflanzenwurzeln entgegen-

192) WEAVER zitiert bei KLAPP 1961, S. 115 und KUTSCHERA 1960, S. 119-122.

193) WALTER 1950, S. 210.

kommen? Auch diese Frage ist in der letzten Zeit in der einschlägigen Fachliteratur viel diskutiert und zum Teil recht unterschiedlich beantwortet worden¹⁹⁴⁾. Die Mehrzahl der Autoren mißt dem kapillaren Wasser-aufstieg unter bestimmten Voraussetzungen nicht zu unterschätzende Bedeutung zu, besonders dann, wenn die Niederschläge für die Wasserversorgung der Pflanzen nicht ausreichen. Die Steighöhe, auch als kapillare Saughöhe oder Kapillarziffer bezeichnet, ist nach der Definition von SCHROEDER "die größte Höhe über dem Grundwasser, auf die das Wasser noch durch Kapillarkräfte gehoben wird"¹⁹⁵⁾. Sie ist stark von der Bodenart abhängig. In Sandböden ist die Steighöhe sehr gering, sie beträgt nur etwa 30 bis 50 cm, während die maximalen Werte in Lehm- und Lößlehm Böden auftreten. Die Angaben über die im günstigsten Falle erzielten Steighöhen bei diesen letztgenannten Böden weichen allerdings voneinander ab: WALTER gibt z. B. 1 bis 2 m an¹⁹⁶⁾, WOHLRAB, der sich vornehmlich auf Untersuchungen von DHEIN und MOTT sowie KOZENY stützt, sogar 1,5 bis 3 m¹⁹⁷⁾. Im Bereich der schweren Tone ist die Steighöhe gering, da diese keinen oder fast keinen spannungsfreien Porenraum besitzen. Nimmt also die Steighöhe mit wachsendem Tonanteil zunächst zu, so erfolgt nach Erreichen eines Schwellenwertes wieder eine Abnahme.

Zu berücksichtigen ist außerdem, daß der Kapillarsaum, und damit die Steighöhe, jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt, da sie mit dem Grundwasserspiegel steigt und fällt.

194) In diesem Zusammenhang sei auf die zahlreichen Veröffentlichungen in der Zeitschrift "Wasser und Boden" der Jahrgänge 1960 und 1961 verwiesen.

195) SCHROEDER 1958, S. 10.

196) WALTER 1960, S. 197.

197) WOHLRAB 1961, S. 2-6.

Für die Wasserversorgung der Pflanzen ist aber nicht nur die Höhe des kapillaren Wasseranstiegs von Bedeutung, sondern auch die Steiggeschwindigkeit sowie die Menge des hierdurch zur Verfügung gestellten Wassers.

Die Steiggeschwindigkeit ist bei den leichten Bodenarten am schnellsten; in wenigen Stunden ist die Endsteighöhe erreicht. Je feinkörniger der Boden ist, umso langsamer wird das Wasser aus dem Grundwasserbereich kapillar gehoben. Auch mit wachsender Entfernung vom Grundwasserspiegel nimmt die Steiggeschwindigkeit ab.

Über die Menge des kapillar aufsteigenden Wassers liegen nur sehr wenige Angaben vor. In einer 1953 veröffentlichten Dissertation findet man die folgenden Werte:

Boden	Höhe über dem Grundwasserstand in cm				
	10	20	30	50	
Lehmiger Sand	31,1	10,6	3,5	1,1	mm/Tag
Lößlehm	6,9	4,5	2,2	0,7	"
Schluffiger Lehm	13,2	2,1	0,5	0,3	" 198)

Diese Angaben lassen zumindest erkennen, daß 50 cm über dem Grundwasserspiegel in lehmigen Böden noch meßbare kapillar gehobene Wassermengen feststellbar sind, die den Pflanzenwurzeln zur Verfügung stehen.

Auf Grund der hier gewonnenen Erkenntnisse kommt man allgemein zu dem Ergebnis, daß der optimale mittlere Flurabstand bei den als Ackerland genutzten

leichten Böden (Sande und lehmige Sande)	etwa 1,00 m,
bei mittleren Böden (sandige Lehme)	etwa 1,50 m,
bei den schweren Böden (schwere Tone und tonige Lehme)	etwa 2,00 m

beträgt¹⁹⁹⁾.

198) MOTT 1953, S. 33.

199) Vgl. LAATSCH 1954, S. 177.

Verschiedentlich ist auch der Grenzflurabstand ermittelt worden. Darunter versteht man den größtmöglichen Abstand des Grundwasserspiegels von der Erdoberfläche, bei dem die Pflanzenwurzeln noch aus dem Grundwasser profitieren können. Unter besonders günstigen Voraussetzungen hat WOHLRAB einen Grenzflurabstand von 4-5 m konstruiert²⁰⁰⁾, KLAPP spricht im Minimum von 3 m, wobei er ebenfalls optimale Bedingungen, und zwar bei Lößlehm Böden, annimmt²⁰¹⁾. Sind diese Angaben auch nicht als allgemein gültige Werte anzusehen, so weisen sie doch auf die Möglichkeit für die Pflanze hin, sich bei bestimmten günstigen Gegebenheiten Wasser tieferer Bodenschichten zunutze zu machen.

Im hessischen Ried sind die Böden durch eine große Mannigfaltigkeit ausgezeichnet, und zwar sowohl in ihrer regionalen Verbreitung als auch in ihrem Bodenaufbau. Diese Tatsache kommt deutlich in den Profilen der einzelnen Grundwasserbrunnen (Anlagen 1 bis 21) zum Ausdruck. Nur in den Sandgebieten, die vorwiegend Wald tragen, sind die Böden relativ einheitlich ausgebildet, das zeigen die Profile der Brunnen 544/9, 10, 164, 27, 124, 2 a, 527/52 und 161 sowie der im Gebiet des Seehofs und des Sandanteils der Gemarkung Riedrode festgestellte Bodenaufbau.

In den meisten Fällen treten über sandig-kiesiger Unterlage mehr oder weniger mächtige Schichten schwererer Bodenarten auf. Handelt es sich dabei um Lehme, wie im inneren Bereich der Gemarkung Riedrode, sind für die Wasserversorgung der Pflanzen günstige Bedingungen gegeben, einmal in bezug auf die Entfaltung der Pflanzenwurzeln, zum anderen in bezug auf den Bodenwasserhaushalt. Der Lehm Boden besitzt nicht nur eine große Wasserkapazität, sondern sichert auch bei entsprechender Lage der Grundwasseroberfläche eine Wassernachlieferung aus dem Grundwasser.

200) WOHLRAB 1961, S. 4.

201) KLAPP 1961, S. 116.

Die Böden des hessischen Rieds werden jedoch auch zu einem erheblichen Teil durch Ton- und Schlickschichten gekennzeichnet, auch im Bereich der Untersuchungsgemarkungen Riedrode und Heppenheim. Diese Schichten sind verschieden mächtig ausgebildet und lagern entweder zwischen anderen Bodenarten (z. B. bei Brunnen 544/3, 4, 5, 11) oder bilden den obersten Bodenhorizont (z. B. bei Brunnen 527/154, 155, 156, 544/40). Die Tone bringen ungünstige Bodeneigenschaften mit sich. Infolge der außerordentlichen Wasserhaltekraft und der damit verbundenen schlechten Bodendurchlüftung sind Böden mit einem übermäßigen Tongehalt kalt, naß und schwer zu bearbeiten. In Trockenzeiten geben sie die aufgespeicherte Wassermenge schnell wieder ab; sie trocknen rascher aus als die lehmigen Böden und bilden Trockenrisse. Tonschichten ergeben einen regelrechten Staukörper; sie lassen nur eine bestimmte Durchwurzelungstiefe zu, halten das Niederschlagswasser zurück und hemmen den kapillaren Wasseraufstieg. Die Bedeutung des Grundwassers ist daher für tonige Böden relativ gering; die Wasserversorgung der Pflanzen muß in erster Linie durch die Niederschläge bzw. den im Boden gespeicherten Wasservorrat erfolgen.

Nur aus dem Haftwasserbereich müssen sich auch Pflanzenwurzeln in leichteren Bodenarten ernähren, wenn das Grundwasser für sie unerreichbar ist. Gerade in Flugsandgebieten, die häufig zu Dünen aufgeweht sind, hat das Grundwasser einen erheblichen Flurabstand (vgl. Brunnen 544/164). Diese Gebiete sind im wesentlichen mit Wald bestanden. Die Baumwurzeln sind in der Lage, auch tiefer liegendes Grundwasser auszunutzen. Nach ZIMMERMANN sind Grundwasserstände zwischen 2 und 4 m bei lockerer Bodenbeschaffenheit von den Wurzeln aller Holzarten zu erreichen²⁰²⁾. Manche Standorte sind jedoch durch einen so tiefen Grundwasserspiegel gekennzeichnet, daß nur noch völlig anspruchslose Arten, wie z. B. die Kiefer, gedeihen.

202) ZIMMERMANN 1954/56, S. 29.

Im überwiegenden Teil des hessischen Rieds steht das Grundwasser, wie die Untersuchungen ergeben haben, im langjährigen Durchschnitt aber nicht tiefer als 2 m unter Flur. Auch während der Vegetationsperiode, z. Zt. des größten Wasserbedarfs der Pflanzen, liegen die Grundwasserstände in den meisten Fällen günstig. Von den ausgewählten Beobachtungsbrunnen weisen im Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) im langjährigen Mittel

3 Brunnen Stände von weniger als 100 cm unter Flur						
13	"	"	"	100-150 cm	"	"
11	"	"	"	150-200 cm	"	"
4	"	"	"	200-250 cm	"	"
8	"	"	"	über 250 cm	"	"

auf.

Stellt man nun diesen Angaben die Tatsache gegenüber, daß die mittleren und schweren Böden im Untersuchungsgebiet überwiegen, für die bei ackerbaulicher Nutzung optimale Grundwasserstände von etwa 1,50 m bzw. 2,00 m angenommen werden, so ergibt sich, daß im hessischen Ried das Grundwasser für die Wurzeln der Kulturpflanzen in den meisten Fällen in erreichbarer Tiefe steht. Sie können dieses Wasser jedoch nur ausnutzen, wenn die Wasseraufnahme nicht durch schwer durchlässige Bodenhorizonte behindert wird.

Da sich der Beobachtungszeitraum der meisten Brunnen des Untersuchungsraumes nur auf die letzten 10 bis 12 Jahre beschränkt, sind die angegebenen Werte für die gegenwärtige Situation zutreffend. Es herrschten während dieses Zeitabschnitts im größten Teil des hessischen Rieds, auch in den durch künstliche Anlagen (Gräben, Pumpwerke etc.) entwässerten Gebieten, durchaus günstige Bodenwasserhaushaltsverhältnisse vor.

Die im Mittel tiefer als 2 m liegenden Grundwasserstände befinden sich einmal in den Sandgebieten, die, wie bereits erwähnt, ohnehin kaum landwirtschaftlicher Nutzung erschlossen sind, zum anderen in unmittelbarer Nähe des Rheins und der Wasserwerke. Die am Rhein gelegenen Ländereien besitzen eine meist günstige Bodenstruktur, die es ermöglicht, einen Haftwasserkörper auszubilden, aus dem Pflanzen ihren Wasserbedarf auch in Trockenzeiten decken können. Sie sind somit vom Grundwasser weitgehend unabhängig. Außerdem weisen die Brunnen in Rheinnähe im Sommerhalbjahr zumeist recht günstige Spiegelstände auf.

Die Entnahmestellen der Wasserwerke liegen zumeist in Waldgebieten (Wasserwerk Eschollbrücken im Griesheimer Eichwäldchen, Wasserwerk Bürstadt im Lorscher Wald und Wasserwerk Hof Schöna u im Groß-Gerauer Staatsforst). Der Entnahmetrichter läßt im Höc hstfalle direkt an der Förderstelle Grundwasserstände von über 4 m unter Flur entstehen (vgl. Brunnen 527/22 und 544/27), wodurch eine Schädigung der Bäume eintreten kann. Schon in einer Entfernung von wenigen 100 Metern von den Entnahmebrunnen beginnt der Grundwasserspiegel, sich wieder zu heben und den normalen Verhältnissen anzupassen. Die Waldbestände im Bereich der Wasserförderungsanlagen ließen bei Geländebegehungen auch kaum Dürreerscheinungen erkennen. Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß die im Ried befindlichen Wasserwerke, besonders das Werk Eschollbrücken mit seinen erheblichen Förderleistungen, schon seit Jahrzehnten bestehen, so daß es den Baumwurzeln inzwischen möglich war, sich auf die veränderten Grundwasserverhältnisse einzustellen, d. h. ihre Wurzeln in tiefere Bodenschichten zu senden. Größere Schäden an den Beständen würden zweifellos bei neu entstehenden Wasserentnahmestellen zu beobachten sein.

In den drei Untersuchungsgemarkungen Riedrode, Seehof und Heppenheim (Riedanteil) steht das Grundwasser bis auf das gerodete und jetzt beackerte Sandgebiet der Gemarkung Riedrode überall in einer Tiefe, die von den

Wurzeln der Kulturpflanzen erreicht werden kann. Das Bruch in der Gemarkung Riedrode sowie der südwestliche Teil der Gemarkung Heppenheim werden sogar durch so hohe mittlere Grundwasserstände gekennzeichnet, daß sie eine ackerbauliche Nutzung nur dort zulassen, wo höher liegende Geländeteile vorhanden sind, z. B. das Gebiet des "Weidackers" in der Gemarkung Heppenheim und die Ackerinseln im Bruch der Gemarkung Riedrode (Abb. 27 und 23).

Es ist also zusammenfassend festzuhalten, daß der Grundwasserspiegel bzw. ⁴der Saugsaum unter Flur im hessischen Ried auch heute noch im allgemeinen günstig liegt. Die Lage des Grundwasserspiegels ist aber für die Wasserversorgung der Kulturpflanzen nicht in jedem Falle entscheidend. In Gebieten mit schwer durchlässigen Horizonten und von vornherein durchschnittlich sehr tiefen Spiegelständen spielt sie überhaupt keine Rolle. Somit können auch Grundwasserstandsveränderungen nur unter bestimmten Bedingungen wirksam sein. Für die Wandlungen in der Agrarlandschaft sowie für die von Zeit zu Zeit aufgetretenen Schädigungen, Ernterückgänge und -verluste ist daher die Veränderung des Grundwasserhaushalts nur von sekundärer Bedeutung.

Ein wesentlicher Faktor für die Veränderung des Acker-Grünland-Verhältnisses zugunsten des Ackerlandes in weiten Teilen des hessischen Rieds stellt die Verminderung der Überschwemmungsgefahr dar. Sie wurde einmal durch die Rheinsohlenabsenkung hervorgerufen, zum anderen durch die Regulierungsmaßnahmen an den aus dem Odenwald kommenden Gewässern sowie durch die Anlage der Entwässerungskanäle, -gräben und Pumpwerke. Diese künstlichen Maßnahmen lassen nun den Anbau von Kulturgewächsen auch in Gebieten zu, die früher durch Wasserüberschuß, besonders in niederschlagsreichen Zeiten, so gefährdet waren, daß sie nur Wiesen- bzw. Weidennutzung gestatteten. Als eindrucksvolles Beispiel hierfür sei nochmals das Gebiet des Seehofs erwähnt.

Daneben sind für die heute viel intensiver betriebene Landwirtschaft im gesamten hessischen Ried auch wesentlich günstigere Voraussetzungen durch moderne Bearbeitungs- und Düngungsmethoden gegeben, die es dem Landwirt jetzt gestatten, sowohl die schweren lehmig-tonigen Böden als auch leichte Sandböden mit Erfolg zu bestellen.

Nach wie vor ist die Landwirtschaft im hessischen Ried aber vom Klima, insonderheit von den Niederschlägen abhängig. Mehrfach wurde darauf hingewiesen, daß Gebiete mit tonigen Bodenhorizonten, besonders wenn diese an der Erdoberfläche lagern, auch heute noch unter stauender Nässe leiden. Im allgemeinen gilt aber die Regel, daß niederschlagsreiche Jahre im Untersuchungsgebiet günstiger sind als niederschlagsarme. In Jahren mit größeren Niederschlagsmengen kann nicht nur das Grundwasser, sondern auch der Haftwasserkörper ergänzt werden. Dieser Haftwasserkörper ist für die Wasserversorgung der Pflanzen von entscheidender Bedeutung. Besonders das im Boden verbleibende Kapillarswasser ist von der Pflanze voll ausnutzbar²⁰³⁾. Untersuchungen von SCHLÜTER in dem extrem trockenen Jahr 1959 und dem darauf folgenden Jahr 1960 zeigen, daß die nur geringen Ertragsausfälle und Schädigungen dieser Jahre auf das im Boden gespeicherte Haftwasser zurückzuführen sind²⁰⁴⁾. Überall konnte er einen hohen Wassergehalt des Bodens zwischen Kapillarsaum und Ackerkrume feststellen. Er weist auf Grund umfangreicher Untersuchungen in Nordwestdeutschland nach, daß selbst auf leichten Sandböden beim Wintergetreide das Haftwasser ausreichte, um ein volles Getreidekorn zu entwickeln²⁰⁵⁾.

Auch im hessischen Ried waren, wie Befragungen ergaben, die Ertragsverluste in den extrem trockenen Jahren nur minimal, sowohl in den Sand-

203) WALTER 1950, S. 207.

204) SCHLÜTER 1960, S. 323-326.

205) SCHLÜTER 1960, S. 323.

gebieten des Seehofs als auch auf den schweren Hochflutablagerungen und im Bruch der Gemarkung Riedrode, eine Tatsache, die ebenfalls nicht zuletzt auf das Vorhandensein eines entsprechenden Haftwasserkörpers zurückgeführt werden muß, aus dem die Pflanzenwurzeln ihren Wasserbedarf decken konnten.

In vielen Gemarkungen des Untersuchungsgebietes werden niederschlagsarme Wochen bzw. Monate, in denen die Pflanzen aber gerade einen hohen Wasserbedarf haben, durch Beregnungen überbrückt. Eine große Anzahl von Gemeinden und Einzelhöfen, auch diejenigen des Seehofs, sind heute mit Beregnungsanlagen ausgestattet, die es ermöglichen, den Pflanzen jederzeit die benötigten Wassermengen zur Verfügung zu stellen und damit Schädigungen der Kulturen durch Wassermangel weitgehend zu verhindern.

D. Zusammenfassung und Ergebnisse.

Im hessischen Ried haben sich im Laufe der Zeit nachweisbare Veränderungen des Wasserhaushalts ergeben. Es war Aufgabe dieser Arbeit, an Hand des vorhandenen Beobachtungsmaterials zu untersuchen,

- a) welcher Art diese Veränderungen sind,
- b) welche Ursachen sie haben,
- c) welche Größenordnung sie besitzen und
- d) wie sich dieselben - insbesondere auf die Agrarlandschaft des hessischen Rieds - auswirken konnten.

Dabei wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Die Überschwemmungsgefahr wurde für weite Teile des hessischen Rieds eingeschränkt. Ursache hierfür ist neben den Dammbauten vor allem die durch die Rheinkorrektion eingetretene Veränderung der Höhenlage der Rheinsohle. Die Rheinsohle hat sich allerdings im wesentlichen erst nach 1875, dem Ende der Arbeiten, abgesenkt, und zwar von Speyer bis Oppenheim in der Größenordnung von 1,5 bis 2 Metern. Eine Verminderung der Überschwemmungsgefahr trat auch durch die Riedentwässerung, und zwar durch die Anlage von Entwässerungskanälen, -gräben und Pumpwerken ein sowie durch die Regulierungsmaßnahmen an den aus dem Odenwald kommenden Gewässern. Die Arbeiten an den Bächen und die Bildung von Rückhaltebecken in noch immer besonders gefährdeten Gebieten sind jedoch noch nicht endgültig zum Abschluß gekommen.

Die Frage, ob die Rheinkorrektion die Hauptursache für eine Vergrößerung der Hochwasser-Spitzen sowie für eine Häufung von Hochwässern in den letzten Jahren bzw. Jahrzehnten ist, mußte verneint werden. Hierfür sind primär die jeweiligen meteorologischen Verhältnisse verantwortlich zu machen. - Der Hochwasserabfluß

selbst ist durch die Korrektionsmaßnahmen nur bei den kleineren und mittleren Hochwässern verändert worden. Diese haben eine Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit erfahren. Bei größeren Hochwässern ist die vermutete Geschwindigkeitsbeschleunigung des Abflusses dagegen nicht eingetreten.

Die Veränderung der Grundwasserverhältnisse wurde eingehend untersucht. Es lagen hierfür Beobachtungen von Grundwasserbrunnen im hessischen Ried vor, von denen 39 ausgewählt wurden, die für die Untersuchungen besonders geeignet und aussagekräftig erscheinen mußten. An Hand dieser Beobachtungen konnte nachgewiesen werden, daß der Flurabstand der Grundwasseroberfläche im hessischen Ried im einzelnen uneinheitlich ist. Die Mehrzahl der Brunnen des Rieds weisen aber im langjährigen Durchschnitt Spiegelstände von weniger als 2 Metern unter der Erdoberfläche auf.

Der Grundwasserspiegel unterliegt einem Jahresrhythmus, der durch die klimatischen Verhältnisse, in Rheinnähe allerdings mehr durch den Vorfluter, bestimmt wird. Im hessischen Ried kann man drei Typen des Grundwasserspiegel-Jahresganges erkennen: Den Rheintyp, den gemäßigt-kontinentalen sowie den ozeanischen Typ.

Um die Ursachen der langjährigen Grundwasserspiegel-Entwicklung zu erkennen, wurden zunächst Beziehungen zu den klimatischen Verhältnissen hergestellt, die ergaben, daß vor allem starke Beziehungen zu der Niederschlagsentwicklung bestehen. Besonders die Niederschläge der Monate September bis März ergeben bei einer Darstellung in Trendlinien starke Parallelen zum Grundwasserspiegelgang. Sowohl die Trendlinie des Niederschlags als auch diejenige der Grundwasserstände lassen eine absinkende Tendenz bis 1948/50 erkennen, an die sich eine Periode mit steigender Tendenz anschließt, die zumindest bis 1957 anhält. Aufschlußreich erscheint es auch, daß die

Trendlinie der mittleren Jahrestemperatur dem Verlauf von Grundwasser und Niederschlag entgegenläuft; Zeiten geringerer Niederschlagstätigkeit waren demzufolge gleichzeitig Zeiten verstärkter Verdunstung, eine Tatsache, die sich auf den Grundwasserspiegelgang besonders auswirken mußte.

Von 1924/25, dem höchsten Stand der Grundwasseroberfläche, bis 1948/50, z. Zt. des Tiefstandes, hat sich der Grundwasserspiegel, nach Ergebnissen der langjährigen Beobachtungsbrunnen, im allgemeinen etwa 1,00 m bis 1,60 m abgesenkt. Seit dieser Zeit ist aber - bis etwa 1957 - wieder ein Ansteigen um 50 bis 60 cm registriert worden. Über die Grundwasserspiegelentwicklung früherer Zeiten kann nur die Beobachtungsreihe des Brunnens 1 des Darmstädter Wasserwerkes bei Eschollbrücken aussagen. Der Grundwasserspiegelgang dieses Brunnens, dessen Beobachtungen im Jahre 1880 beginnen, kann aber nicht für das gesamte hessische Ried repräsentativ sein. Diese Ganglinie setzt nicht nur zu einer Zeit ein, die eine besonders niederschlagsarme Periode einleitet, sondern auch gleichzeitig zu Beginn der Wasserförderung durch das Wasserwerk. Damit war die Entstehung eines Entnahmetrichters verbunden. Die um 1880 beginnende Rheinsohlenabsenkung kann wegen der größeren Entfernung vom Strom hier allerdings weniger wirksam gewesen sein.

Dem Einfluß der Wasserwerke muß, wie auch die übrigen in der Nähe von Wasserwerken befindlichen Brunnen zeigen, größere Bedeutung zugemessen werden. Der Grundwasserspiegelgang weist in diesen Fällen wohl die gleichen Beziehungen zur langjährigen Niederschlagsentwicklung auf, doch ist hier die Absenkungstendenz stärker. Die Größenordnung der Absenkungsbeträge richtet sich vorwiegend nach der Entnahmemenge, die auch im wesentlichen die Ausdehnung des Entnahmetrichters bestimmt. Die Absenkung ist je nach der Entfernung des Beobachtungsbrunnens von der Entnahmestelle verschieden. - Eine wesentliche Ursache für die Grundwasserabsenkung im hessischen Ried sind

also die Wasserentnahmen durch Wasserwerke, jedoch - und das sei besonders hervorgehoben - nur im Bereich des Absenkungstrichters, wobei sich die Wirkung auf den Grundwasserspiegel auch noch nach den Rändern hin stark abschwächt.

Nur geringe Bedeutung für die Veränderung der Grundwasserverhältnisse kommen den Meliorationsmaßnahmen zu, die hauptsächlich in der Errichtung von offenen Gräben bestanden. Soweit es sich nicht um größere Entwässerungskanäle handelt, die im hessischen Ried nur eine geringe Verbreitung einnehmen - z. B. im Bereich des Astheim-Erfelder-Entwässerungsverbandes - schneiden sie den Grundwasserspiegel gar nicht an und können somit keine Wirkungen auf den Grundwasserspiegelgang ausüben. Die Anlage der Entwässerungsgräben bewirkt in erster Linie einen Ausgleich der extremen Grundwasserstände, schafft in Verbindung mit den Pumpwerken bessere Abflußmöglichkeiten und schützt damit vor Wasserüberschuß.

Anders verhält es sich beim Rheinstrom. Die festgestellte Rheinsohlen-Absenkung mußte auch eine Absenkung der Grundwasseroberfläche herbeiführen, allerdings nur in einem Bereich von maximal 3 bis 4 km vom Strome aus. Auch dieser Einfluß muß sich mit immer größerer Entfernung vom Rhein abschwächen. Für die Veränderung des Grundwasserspiegelganges im hessischen Ried sind also die Wirkungen der natürlichen, d. h. der klimatischen Faktoren entscheidend. Die künstlichen Maßnahmen haben den langjährigen Verlauf nur lokal modifizieren können. Diese Tatsache kommt auch bei einem Vergleich mit dem Grundwasserspiegelgang unbeeinflusster Meßstellen in anderen Gegenden Deutschlands zum Ausdruck. Die Ganglinien lassen die gleiche Tendenz der Grundwasserspiegelentwicklung wie im hessischen Ried erkennen.

Im letzten Abschnitt der Untersuchungen standen die Veränderungen in der Agrarlandschaft des hessischen Rieds und ihre Beziehungen zu den Wasserhaushaltsveränderungen im Mittelpunkt. Zur Feststellung der Veränderungen, insbesondere in der Flächennutzung, dienten als Beispielgemarkungen das Neubauerndorf Riedrode, das alte Ent- bzw. Bewässerungsgebiet Seehof und der Riedanteil der Gemarkung Heppenheim mit seinen noch heute größtenteils zu hohen Grundwasserständen. Nach einleitenden Betrachtungen über die Durchwurzelungstiefe der Kulturpflanzen, den kapillaren Wasseraufstieg aus dem Grundwasser (Saugsaum) sowie über den optimalen mittleren Flurabstand des Grundwasserspiegels konnte für das Untersuchungsgebiet festgestellt werden, daß der Grundwasserspiegel bzw. der Saugsaum unter Flur auch heute noch im allgemeinen günstig liegt. Für die Wasserversorgung der Kulturpflanzen ist jedoch neben der Lage der Grundwasseroberfläche unter Flur der Boden, vor allem die Bodenart, entscheidend sowie Bodenbearbeitung, Düngung und in der letzten Zeit die künstliche Wasserzufuhr, besonders durch Beregnungen. Nur alle diese Faktoren zusammen bestimmen heute den Anbau von bestimmten Kulturgewächsen und damit die Flächennutzung des Gebietes. Die Verminderung der Überschwemmungsgefahr spielt allerdings eine erhebliche Rolle, sie läßt jetzt Ackernutzung in Gebieten zu, die früher hierdurch gefährdet waren.

Von einer zunehmenden Versteppungsgefahr im hessischen Ried, die ihre Ursache hauptsächlich in den künstlichen Eingriffen in den Wasserhaushalt haben soll, kann auf Grund der vorliegenden Untersuchungen und Beobachtungen nicht die Rede sein. Niederschlagsarme Jahre, wie beispielsweise 1921, 1934, 1947 und 1958 dürfen nicht dazu veranlassen, von Wassermangel infolge künstlicher Maßnahmen zu sprechen. Nach wie vor sind im hessischen Ried auch heute noch die Niederschlagsverhältnisse von entscheidender Bedeutung, wobei auf Grund der besonderen bodenkundlichen und klimatischen Gegebenheiten in diesem Raum sich niederschlagsreiche Jahre stets günstiger auswirken als niederschlagsarme Zeiten.

Literatur- und Quellennachweis.

A. Literatur.

- Andreae, H. 1956. Grundwasserabsenkungen und landeskulturelle Änderungen. - Berlin.
- Bendel, S. 1949. Ingenieurgeologie. 1. Teil. - Wien.
- Berg, K. 1959. Wasserwirtschaft im Rhein-Main-Gebiet. - In: Mitt. d. Deutschen Landwirtschaftsges. 74, H. 17.
- Berg, K. 1960. Die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung in Hessen. - Wiesbaden.
- Bero, L. 1933. Die Grundwasserverhältnisse im rechtsrheinischen Ried. - In: Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L. -A. zu Darmstadt, V, H. 14, S. 70-80.
- Bleines, W. 1955. Besonderheiten des Grundwasserabflusses in der Oberrheinebene. - In: Bes. Mitt. zum Deutschen gewässerkundl. Jb., Koblenz, Nr. 12, S. 1-16 (Gewässerkundl. Tagung Freiburg 1955).
- Brüne, F. 1960. Die Grundwasserabsenkungen im linksrheinischen Erftgebiet und ihr Einfluß auf die Ertragsfähigkeit der dortigen Lößlehm Böden. - In: Wasser und Boden, H. 10, S. 347-360.
- Burre, O., H. Neumann, E. Schenk. 1950. Grundwasserbeobachtungen im Regierungsbezirk Darmstadt des Landes Hessen in den Abflußjahren 1938-1948. - In: Notizbl. hess. L. -Amt Bodenforsch. Wiesbaden, VI, H. 1.
- Burre, O., J. Gies, A. Hammel, E. Malten, H. Neumann, F. Rickes, E. Ruppel, P. Thiel. 1951. Grundwasserbeobachtungen im Lande Hessen in den Abflußjahren 1939-1948. - In: Notizbl. hess. L. -Amt Bodenforsch. Wiesbaden, VI, H. 2, S. 204-242.
- Burre, O. 1952. Die Ursachen der Grundwasserentwicklung im nord-westlichen Teile des Kreises Groß-Gerau in Hessen (Mainspitze) in den Jahren 1929-1950. - In: Notizbl. hess. L. -Amt Bodenforsch. Wiesbaden, VI, H. 3, S. 199-250.
- Burre, O. 1960. Untersuchungen über die Berechnung der dem Grundwasser von den Niederschlägen zugehenden Wassermengen aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels. - In: Abh. hess. L. -Amt Bodenforsch. Wiesbaden, 30.

- Centralbureau f. Meteorologie und Hydrographie im Großherzogthum Baden (Hrsgb.). 1889. Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse von den Quellen bis zum Austritt des Stromes aus dem Deutschen Reich. - Berlin.
- Dehlinger, G. A. 1925. Die Verbesserung der Wasser- und Bodenverhältnisse im Ried. - In: Landwirtschaftliche Zeitschrift, Darmstadt.
- Dehlinger, G. A. 1928. Das hessische Ried. Seine Entwässerung und Verbesserung. - In: Arbeiten der Landwirtschaftskammer für Hessen, Darmstadt, H. 42.
- Dehlinger, G. A. 1930. Die Denkschrift des Hessischen Ministers für Arbeit und Wirtschaft, bearbeitet von Ministerialrat Friedrich Heyl, über den Generalkulturplan für die Verbesserung der Wasser- und Bodenverhältnisse im gesamten hessischen Ried. - Darmstadt.
- Denkschrift über den Generalkulturplan für die Verbesserung der Wasser- und Bodenverhältnisse im gesamten hessischen Ried. 1929. Aufgestellt von Ministerialrat F. Heyl. - Darmstadt.
- Denkschrift über die neue Grundwasserversorgung der Stadt Worms. 1905. - Worms am Rhein.
- Denner, J. 1955. Der Trend des Grundwasserstandes in langfristigen Jahresreihen. - In: Bes. Mitt. zum Deutschen Gewässerkundl. Jb. Koblenz, Nr. 12, S. 17-27 (Gewässerkundl. Tagung Freiburg 1955).
- Diehl, Heinrich. 1935. Altläufe des Rheines, des Maines und des Neckars und die Riedsiedlungen. - In: Volk und Scholle, Darmstadt, 13, H. 10.
- Diehl, Heinrich. 1937. Fluß und Siedlung im hessischen Ried. - In: Natur und Volk, Frankfurt am Main, 67.
- Diehl, Heinrich. 1958. Über den Bergstraßen-Neckar. - In: Der Odenwald. Heimatkundliche Zeitschr., 5, H. 1, S. 3-11.
- Diehl, Otto. 1929. Die geologisch-bodenkundlichen Verhältnisse des hessischen Rieds. - In: Denkschrift über den Generalkulturplan f. d. Verbesserung d. Wasser- und Bodenverh. im ges. hess. Ried, Darmstadt.
- Diehl, Otto. 1933. Einige Betrachtungen über die quartären Ablagerungen an der Bergstraße und im Ried. - In: Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L. - A. zu Darmstadt, V, H. 14, S. 20-24.
- DIN 4049. Blatt 1; Gewässerkunde. Fachausdrücke und Begriffsbestimmungen. 1954. - Berlin.

- Eimern, J. van. 1948. Die Schwankungen des natürlichen Wasserhaushaltes am linken Niederrhein unter besonderer Berücksichtigung der Grundwasserschwankungen. - Diss. Bonn.
- Eisenlohr, M. 1921. Die Flußkorrektion bei Mannheim und deren Einwirkung auf die Entwicklung der Stadt. - In: Sonderabdruck aus dem Jb. 1921 der Hafenbautechnischen Gesellschaft Hamburg, S. 1-49.
- Eschweiler, W. 1951. Hydrographie des Rheinstromes. - In: Der Rhein. Ausbau, Verkehr, Verwaltung. Duisburg, S. 34-71.
- Esselborn, K. 1918. Ludwig Frohnhäuser - Von ihm und über ihn. Eine Gedenkschrift. - Friedberg.
- Fausser, O. 1947. Kulturtechnische Bodenverbesserungen. Teil I: Allgemeines, Entwässerung. - Berlin.
- Fausser, O. 1948. Kulturtechnische Bodenverbesserungen. Teil II: Bewässerung, Ödlandkultur, Umlegung. - Berlin.
- Fischer, K. 1932. Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Weser- und Aller-Gebiet. - In: Jb. f. d. Gewässerkunde Norddeutschlands, Bes. Mitt., Berlin, Bd. 7, Nr. 2.
- Flaskämper, P. 1949. Allgemeine Statistik. Teil 1. - Hamburg.
- Flohn, H. 1954. Witterung und Klima in Mitteleuropa. - In: FDL, Bd. 76.
- Ganssen, R. 1957. Bodengeographie mit besonderer Berücksichtigung der Böden Mitteleuropas. - Stuttgart.
- Geinitz, E. 1916. Die Abhängigkeit des Grundwassers von den Niederschlägen. - In: Internat. Zeitschr. f. Wasserversorgung, 3.
- Gewässerkundliche Begriffe. 1950. - In: Geographisches Taschenbuch, Stuttgart, S. 212-218.
- Gießler, A. 1955. Erschließung des Wassers. - Berlin.
- Gießler, A. 1957. Das unterirdische Wasser. Eine Einführung in die Geohydrologie. - Berlin.
- Göpner, W. 1958. Methoden zur Ermittlung der Veränderungen in der Flächennutzung und der dadurch bedingten Kulturlandschaftsveränderungen in den Kreisen des Bundesgebietes im Verlauf des letzten halben Jahrhunderts. - In: BDL, Bd. 20, H. 2, S. 328-346.
- Grahmann, R. 1950. Witterung und Grundwasser im Bundesgebiet während des Abflußjahres 1949 und des Winters 1949/50. - In: GWF, 91, H. 18, S. 209-12.

- Grahmann, R. 1959. Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung. - In: FDL, Bd. 104, Teil II (Das Wasserangebot in der Bundesrepublik Deutschland).
- Grundwasserstandsbewegungen in der Oberrheinebene. 1948. - In: GWF, 89, S. 344 ff.
- Guenther, E. 1938. Stau und Schwankungen des Grundwassers in der Freiburger Bucht und ihre Abhängigkeit vom geologischen Unterbau. - In: Decheniana, Verh. d. Naturhist. Ver. d. Rheinlande u. Westfalens, Bonn, Bd. 98 A, H. 1, S. 13-29.
- Gutachten über die Ursachen und den Verlauf des Hochwassers im Rheingebiet. 1929. - In: Jb. f. d. Gewässerkunde Norddeutschlands, Bes. Mitt., Berlin, Bd. 5, Nr. 2.
- Gwinner, R. 1945. Die Grundwasserverhältnisse an der Unterweser. - In: Provinzial-Inst. f. Landespl. und Niedersächs. Landesforsch., Hannover-Göttingen, Reihe A; Forsch. zur Landes- und Volkskde., I: Natur und Wirtschaft, Bd. 24 (= Schriften d. Wirtschaftswissenschaftl. Ges. zum Studium Niedersachsens e. V., N.F.). Oldenburg.
- Haas, F. 1922. Der Kühkopf. Ein Zeuge aus der Vergangenheit des Oberrheins. - In: Sonderabdruck aus dem 52. Ber. d. Senckenberg. Naturforsch. Ges., Frankfurt am Main, H. 1, S. 29-47.
- Hammer, A. 1930. Die alten Grundsteuereinschätzungen im nördlichen Starkenburg in Beziehung zu Boden und Klima. - In: Arb. d. Anst. f. Hess. Landesforsch. an der Univ. Gießen, Geogr. Reihe, H. 3.
- Hartke, W. 1938. Das Arbeits- und Wohnortsgebiet im Rhein-Mainischen Lebensraum. - In: RMF, Frankfurt am Main, H. 18.
- Hauck. 1926. Die Wasserverhältnisse im hessischen Ried und die Bildung des Astheim-Erfelder-Entwässerungsverbandes als Zwangsgenossenschaft. - In: Sonderabdruck aus: Der Kulturtechniker, Breslau, XXIX, H. 5.
- Hauck. 1927. Die Pumpwerke des Astheim-Erfelder-Entwässerungsverbandes im hessischen Kreise Groß-Gerau. - In: Bautechnik, Berlin, 5, S. 271-274.
- Herzog, J. 1960. Die Niederschlagsverhältnisse während des außergewöhnlich trockenen wasserwirtschaftlichen Jahres 1958/59. - In: Wasser und Boden, H. 6, S. 184-185.
- Hessisches Regierungsblatt Nr. 18 vom 7. 11. 1938.

- Hofmann, E. F. 1942. Grundwasserstandsänderungen im Oberrheintal. - In: Pumpen- und Brunnenbau, Bohrtechnik, Berlin, 38.
- Honsell, M. 1883. Die Hochwasserkatastrophen am Rhein im November und December 1882. - In: Sonderabdruck aus dem Centralblatt der Bauverwaltung, Berlin.
- Honsell, M. 1887. Der natürliche Strombau des Oberrheins. - In: Verhandl. des 7. Deutschen Geographentages zu Karlsruhe, S. 33-52.
- Horst, H. 1955. Die physikalische Bedeutung der Koeffizienten der Fischer'schen Wasserhaushaltsgleichung. - In: Bes. Mitt. zum Deutschen Gewässerkundl. Jb., Koblenz, Nr. 12, S. 55-67 (Gewässerkundl. Tagung Freiburg 1955).
- Hosang, W. 1937. Die Ermittlung "künstlicher" Grundwassersenkungen. - In: Deutsche Wasserwirtschaft, 32, H. 10, S. 186-190.
- Hueck, K. o. J. Die Pflanzenwelt der deutschen Heimat und der angrenzenden Gebiete. I. Der Wald. - Berlin-Lichterfelde.
- Jung, F. 1934. Die Entwässerungsarbeiten im hessischen Ried. - In: Geogr. Wochenschrift, 2, S. 504-508.
- Jungkenn, E. 1948. Der Kühkopf, sein Werden, Leben und seine Geschichte. - In: Denkschrift über die Arbeiten der Hess. Wasserbauverw. anläßl. des 60-jähr. Bestehens d. ehem. Wasserbauämter Mainz und Worms, Mainz.
- Keilhack, K. 1935. Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. Berlin.
- Keller, R. 1948. Zum Wasserverbrauch von Vegetation und Wirtschaft. - In: Erdkunde, S. 93-100.
- Keller, R. 1951a. Die hydrographische Gliederung Deutschlands. Bemerkungen zum Erscheinen der gewässerkundlichen Arbeitskarte 1:500.000. - In: BDL, Bd. 10, H. 1, S. 76-86.
- Keller, R. 1951b. Natur und Wirtschaft im Wasserhaushalt der rheinischen Landschaften und Flußgebiete. - In: FDL, Bd. 57.
- Keller, R. 1958. Der mittlere Niederschlag in den Flußgebieten der Bundesrepublik Deutschland. - In: FDL, Bd. 103, Teil 1 (Das Wasserdargebot in der Bundesrepublik Deutschland).
- Kirchgässner, A. 1953. Die Grundwasserkatastrophe am Oberrhein. - In: Natur und Landschaft, 28, H. 2, S. 19-20.

- Klaas, A. 1886. Die Melioration des Rieds, insbesondere die Ent- und Bewässerung der tiefliegenden Kulturländereien. - Darmstadt.
- Klapp, E. 1961. Zu den Grundwasserabsenkungen im linksrheinischen Erftgebiet und ihrem Einfluß auf die Ertragsfähigkeit der dortigen Lößlehmböden. - In: Wasser und Boden, H. 4, S. 114-118.
- Knoch, K. 1950. Schwankungen der regionalen Verteilung der Jahresmenge der Niederschläge in Deutschland. - In: GWF, 91, H. 20, S. 233-240.
- Kobelt, W. 1910. Alte Flußkorrekturen. - In: Gemeinnützige Blätter f. Hessen und Nassau, Zeitschr. f. soziale Heimatkd., Frankfurt am Main, 12.
- Köbler, K. 1937. Die Meliorierungen in der badischen Rheinebene. - In: Deutsche Wasserwirtschaft, 32, H. 8, S. 143-146.
- Koehne, W. 1937. Die bildliche Darstellung als Schlüssel zum Verständnis vieler Grundwasserfragen. - In: Deutsche Wasserwirtschaft, 32, H. 4, S. 74-76.
- Koehne, W. 1939. Der jährliche Gang des Grundwasserstandes in Deutschland. - In: Deutsche Wasserwirtschaft, 34, H. 2, S. 88 ff.
- Koehne, W. 1948. Grundwasserkunde. - Stuttgart.
- Koob, F. 1956. Die Weschnitz und ihre Probleme in den vergangenen Jahrhunderten. - Heppenheim.
- Krause, Rudolf. 1952. Wasserwirtschaft im Regierungsbezirk Darmstadt. - In: Volk und Scholle, Darmstadt, 24, S. 41-47.
- Kröncke, C. 1829. Über die Durchgrabung der Erdzunge am Geyer zur besseren Leitung des Rheins zwischen Worms und Oppenheim. - Darmstadt.
- Kubiena, W. L. 1953. Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. - Stuttgart.
- Kuls, W. 1951. Wirtschaftsflächen und Feldsysteme im westlichen Hintertaunus. - In: RMF, Frankfurt am Main, H. 30.
- Kutschera, L. 1960. Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. - Frankfurt am Main.
- Laatsch, W. 1954. Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. - Dresden und Leipzig.
- Landesamt für Wetter- und Gewässerkunde. 1929. Wasserführung und Wasserstände des Rheins in Hessen. - In: Denkschrift über den Generalkulturplan f. d. Verbesserung d. Wasser- u. Bodenverh. im ges. hess. Ried, Darmstadt.

- Lauterborn, R. 1938. Der Rhein. Naturgeschichte eines deutschen Stromes. I. Bd.: Die erd- und naturkundliche Erforschung des Rheins und der Rheinlande vom Altertum bis zur Gegenwart. 2. Hälfte: Die Zeit von 1800-1930. - Ludwigshafen/Rh.
- Lehmann, H. 1950. Das naturräumliche Gefüge des oldenburgisch-ostfriesischen Geestrückens und der Hunte-Leda-Niederung. - In: BDL, Bd. 8, H. 2, S. 324-339.
- Lepper, C. 1938. Seehof. Die Geschichte eines verschwundenen Dorfes. - In: Der Wormsgau, Worms, Beiheft 7.
- Lepsius, L. 1885. Die oberrheinische Tiefebene und ihre Randgebiete. - Stuttgart.
- Litzelmann, E. 1957. Rheinkorrektion und Rheinseitenkanal - Auswirkungen auf das Vegetationsbild der Stromlandschaft. - In: Die Umschau in Wissenschaft und Technik, H. 5, S. 129-132.
- Luedecke, C. 1901. Die Boden- und Wasserverhältnisse des Odenwaldes und seiner Umgebung. - In: Abh. großherzogl. hess. geol. L.-A. zu Darmstadt, IV, H. 1, S. 1-184.
- Mangold, A. 1892. Die alten Neckarbetten in der Rheinebene. - In: Abh. großherzogl. hess. geol. L.-A. zu Darmstadt, II, H. 2, S. 57-114.
- Mattheß, G. 1958. Geologische und hydrochemische Untersuchungen in der östlichen Vorderpfalz zwischen Worms und Speyer. - In: Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., Wiesbaden, 86, S. 335-378.
- Mattheß, G. 1958. Das Grundwasser in der östlichen Vorderpfalz zwischen Worms und Speyer. - In: Mitt. d. Pollichia d. Pfälz. Vereins f. Naturkde. u. Naturschutz, III. Reihe, 5. Bd., S. 7-23.
- Mensching, H. 1951. Die Entstehung der Auelehmdecken in Nordwestdeutschland. - In: Proceedings of the 3. Intern. Congr. of Sedimentology, Groningen - Wageningen.
- Monheim, F. 1960. Geographie und Hochwasser in Deutschland. - In: BDL, Bd. 25, H. 2, S. 299-305.
- Mott, N. 1953. Untersuchungen über die tatsächliche Förderleistung von Grundwasser in natürlich gelagerten Böden. - Diss. Bonn.
- Mordziol, C. 1951. Der geologische Werdegang des Mittelrheintales. - Wittlich.
- Mügge, R. 1953. Änderungen des Grundwasserspiegels bei Erdbeben und durch Luftdruck-Schwankungen. - In: Natur und Volk, Frankfurt am Main, 83, S. 209-215.

- Mügge, R. 1954. Das Grundwasser als geophysikalischer Indikator. - In: Zeitschr. f. Geophysik, 20, S. 65-74.
- Müller, E. 1936. Quellen und Grundwasser und ihre Abhängigkeit von meteorologischen Faktoren. - Diss. Gießen.
- Müller-Miny, H. 1952. Natur und Kultur des Landes an der mittleren Warthe im Luftbild. - In: Landeskundl. Luftbilddauswertung im mitteleurop. Raum, Schriftenfolge d. Amtes f. Landeskde. Remagen.
- Neuhöffer, E. 1933. Beiträge zur Geschichte der Karten des Rhein-Main-Gebietes unter besonderer Berücksichtigung der Arbeiten von Johann Heinrich Haas. - Diss. Frankfurt am Main.
- Nöring, F. 1955. Die Änderungen in der Grundwasserneubildung als wichtige Aufgabe für den Wassergesetzgeber. - In: GWF, 96, H. 18, S. 602 ff.
- Nöring, F. 1956. Der hessische Landesgrundwasserdienst und Quellenmeßdienst im Abflußjahr 1955. - In: Notizbl. hess. L. -Amt Bodenforsch., Wiesbaden, 84, S. 420 ff.
- Nüchel, H. 1958. Das Grundwasserregime in Deutschland. - Diss. Bonn.
- Oexle, L. 1940. Zur Gewässerkunde der bayrischen Saalach. - In: Jb. f. d. Gewässerkde. d. Deutschen Reiches, Bes. Mitt., Berlin, Nr. 1.
- Ohlemutz, W. 1953. Beiträge und kritische Betrachtungen zur amtlichen Topographie und Kartographie im ehemaligen Großherzogtum Hessen. - Wiesbaden.
- Pabst, 1948. Die Hochwasserdämme am Rhein auf der hessischen Stromstrecke. - In: Denkschrift über die Arbeiten der Hess. Wasserbauverw. anläßl. des 60-jähr. Bestehens d. ehem. Wasserbauämter Mainz und Worms, Mainz.
- Pardé, M. 1954. Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß bei großen Sommerhochwässern. - In: Bonner Geogr. Abh., H. 15.
- Petzinger, W. 1958. Der kulturgeographische Strukturwandel des nördlichen hessischen Rieds. - Diss. Frankfurt am Main.
- Pfalz, R. 1951. Grundgewässerkunde. Lagerstättenlehre des unterirdischen Wassers. - Halle/Saale.
- Pichl, K. 1958. Die Erosion der Rheinsohle zwischen Karlsruhe und Oppenheim. - In: Die Wasserwirtschaft, 48, Nr. 11, S. 283-286 und S. 321-326.
- Pichl, K. 1959. Wasserspiegel-Flächenaufnahmen am Rhein. - In: Deutsche Gewässerkundl. Mitt., H. 3.

- Ramann, E. 1918. Bodenbildung und Bodeneinteilung. - Berlin.
- Reinhardt. 1948. Die Durchstiche bei Lampertheim und Stockstadt-Erfelden. - In: Denkschrift über die Arbeiten der Hess. Wasserbauverw. anläßl. des 60-jähr. Bestehens d. ehem. Wasserbauämter Mainz und Worms, Mainz.
- Reinhold, F. (Hrsgb.). 1951. Der Landkreis Darmstadt. Eine Struktur-analyse. - Darmstadt, T.H.
- Riehl, W.H. 1892. Wanderbuch. Die Naturgeschichte des Volkes als Grundlage einer deutschen Sozial-Politik. 4. Bd. - Stuttgart.
- Rothkegel, W. 1952. Landwirtschaftliche Schätzungslehre. - Stuttgart.
- Rudloff, H. von. 1956/57. Die Klimapendelungen der letzten 120 bis 200 Jahre im südlichen Oberrheingebiet. - In: Ann.d. Meteorologie, 7, H. 1/2, S. 12-34.
- Schäfer, Heinrich. 1930. Die alten Grundsteuereinschätzungen im südlichen Starkenburg in Beziehung zu Boden und Klima. - In: Arb.d. Anst.f. Hess. Landesforsch. an der Univ. Gießen, Geogr. Reihe, H. 4.
- Schäfer, Ingo. 1954. Über Anwannde und Gewinnstöße. - In: Mitt.d. Geogr.Ges. in München, Bd. 39, S. 117-145.
- Schäfer, Ingo. 1957. Zur Terminologie der Kleinformen unseres Ackerlandes. - In: Pet.Mitt., 101, S. 194-199.
- Schäfer, Philipp. 1958. Der Rheindurchstich am Geyer. - In: Lebendige Heimat - Der Kreis Groß-Gerau, S. 312-316.
- Scheffer, F. und P. Schachtschabel. 1956. Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. 1. Teil; Bodenkunde. - Stuttgart.
- Schenk, R. 1914. Oberflächengestaltung und Siedlungskunde des hessischen Riedes. - Diss. Marburg.
- Schlüter, R. 1960. Erntemindererträge durch Grundwassersenkung. - In: Wasser und Boden, H. 9, S. 323-326.
- Schmidt, E. 1956. Hessische Rheinebene. - In: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Veröffentlichung der Bundesanst.f. Landeskde. Remagen, S. 327-329.
- Schmithüsen, J. 1956. Nördliche Oberrhein-Niederung. - In: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Veröffentlichung der Bundesanst.f. Landeskde. Remagen, S. 322-323.
- Schneider, Hans. 1951. Grundwasserabsenkung in Mitteleuropa. Wasser - die Sorge Europas. - In: Forschung und Leben, Dortmund, S. 67-78.

- Schneider, Hans und C. Truelsen. 1952. Geohydrologische Grundlagen und Bau von Wasserfassungen. - In: Die Wassererschließung, Teil 1, hrsg. vom Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern, Essen.
- Schneider, Matthias. 1953. Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft im Gebiet der Erftquellflüsse (Nordeifel). - In: Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde, hrsg. vom Geogr. Inst. d. Univ. Bonn, H. 5.
- Schönhals, E. 1953. Die Schätzung des landwirtschaftlich genutzten Bodens. - In: Geogr. Rundschau, 5, H. 9, S. 333-339.
- Schönhals, E. 1954. Die Böden Hessens und ihre Nutzung. - In: Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., Wiesbaden, 2.
- Schottler, W. 1937. Hydrologisch-geologische Beobachtungen in Hessen im Jahre 1936. - In: Notizbl. hess. geol. L.-A. zu Darmstadt, V, H. 18.
- Schottler, W. 1944. Der hessische Wasserschatz und seine Nutzung. - In: Abh. Reichsamt Bodenforsch., N.F., H. 209, S. 112-128.
- Schrepfer, H. 1934. Das hessische Ried und seine Ränder. - In: Rhein-Mainische Landschaften. Geogr. Exkursionsführer, Frankfurt am Main, S. 88-106.
- Schrepfer, H. 1935. Über Wirtschaftsgebiete und ihre Bedeutung für die Wirtschaftsgeographie. - In: Geogr. Wochenschrift, 3, S. 497-520.
- Schroeder, G. 1958. Landwirtschaftlicher Wasserbau. - Berlin/Göttingen/Heidelberg.
- Schubert, J. 1935. Grundwasser und Niederschlag. - In: Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, 67, S. 163-172.
- Schulte-Mäter, F. 1938. Beiträge über die geographischen Auswirkungen der Korrektur des Oberrheins. - Diss. Leipzig.
- Schulze, B. 1911. Wurzelatlas. Teil 1: Darstellung natürlicher Wurzelbilder der Halmfrüchte in verschiedenen Stadien der Entwicklung. - Berlin.
- Secretan, E. 1929. Die Flora des hessischen Riedes und deren Beeinflussung durch die Riedentwässerung. - In: Denkschrift über den Generalkulturplan f. d. Verbesserung d. Wasser- und Bodenverh. im ges. hess. Ried, Darmstadt.
- Siebert, J. 1936. Die Landschaften des rhein-mainischen Kerngebietes. - In: Festschrift zur Hundertjahrfeier des Vereins f. Geographie und Statistik, Frankfurt am Main, 1836-1936, S. 101-153.

- Solle, G. 1951. Geologie, Paläomorphologie und Hydrologie der Main-Ebene östlich von Frankfurt/Main. - In: Abh. Senckenberg. Naturforsch. Ges., Frankfurt am Main, Nr. 485, Festschrift zum Siebzigsten Geburtstag von Rudolf Richter, S. 121-220.
- Steuer, A. 1903. Geologische Beobachtungen im Gebiet der alten Mündungen von Main und Neckar in den Rhein. - Separat-Abdruck aus dem Notizbl. Ver. Erdk. u. großherzogl. Geol. L. -A. zu Darmstadt.
- Steuer, A. 1907. Die Entstehung des Grundwassers im hessischen Ried. - In: Festschrift Adolf v. Koenen, Stuttgart, S. 135-174.
- Steuer, A. 1909. Über die Entstehung des Grundwassers mit Rücksicht auf die geologisch-hydrologischen Untersuchungen im hessischen Ried. - Sonderdruck aus dem Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, München, Nr. 37, S. 799 ff.
- Steuer, A. 1912. Hydrologisch-geologische Beobachtungen aus dem Großherzogtum Hessen. Bericht für das Jahr 1912. - In: Notizbl. Ver. Erdk. u. großherzogl. geol. L. -A. zu Darmstadt, IV, H. 33.
- Steuer, A. 1913. Hydrologisch-geologische Beobachtungen aus dem Großherzogtum Hessen. Bericht für das Jahr 1913. - In: Notizbl. Ver. Erdk. u. großherzogl. geol. L. -A. zu Darmstadt, IV, H. 34.
- Steuer, A. 1914. Hydrologisch-geologische Beobachtungen aus dem Großherzogtum Hessen. Bericht für das Jahr 1914. - In: Notizbl. Ver. Erdk. u. großherzogl. geol. L. -A. zu Darmstadt, IV, H. 35.
- Steuer, A. 1916. Hydrologisch-geologische Beobachtungen aus dem Großherzogtum Hessen. Bericht für das Jahr 1915. - In: Notizbl. Ver. Erdk. u. großherzogl. geol. L. -A. zu Darmstadt, V, H. 1.
- Steuer, A. 1917. Hydrologisch-geologische Beobachtungen aus dem Großherzogtum Hessen. Bericht für das Jahr 1916. - In: Notizbl. Ver. Erdk. u. großherzogl. geol. L. -A. zu Darmstadt, V, H. 2.
- Steuer, A. 1918. Hydrologisch-geologische Beobachtungen aus dem Großherzogtum Hessen. Bericht für das Jahr 1917. - In: Notizbl. Ver. Erdk. u. großherzogl. geol. L. -A. zu Darmstadt, V, H. 3.
- Steuer, A. 1919. Hydrologisch-geologische Beobachtungen in Hessen. Bericht für das Jahr 1918. - In: Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L. -A. zu Darmstadt, V, H. 4.
- Steuer, A. 1929. Das Grundwasser im hessischen Ried. - In: Denkschrift über den Generalkulturplan f. d. Verbesserung d. Wasser- und Bodenverh. im ges. hess. Ried, Darmstadt.

- Steuer, A. 1933. Die Beobachtungen am Grundwasser des hessischen Rieds. - In: Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L. -A. zu Darmstadt, V, H. 14, S. 67-69.
- Straub, W. 1948. Regulierung des Rheins am "Schwarzen Ort" unterhalb Gernsheim. - In: Denkschrift über die Arbeiten der Hess. Wasserbauverw. anläßl. des 60-jähr. Bestehens d. ehem. Wasserbauämter Mainz und Worms, Mainz.
- Straub, W. 1955. Erdöl und Erdgas im Rheintalgraben. - In: Neue Beiträge zur Kenntnis der Mineral- und Gesteinswelt des Odenwaldes, 2. Sonderheft zum Mitteilungsblatt "Der Aufschluß", Darmstadt, S. 105-113.
- Streck, O. 1953. Grundlagen der Wasserwirtschaft und Gewässerkunde. - Berlin/Göttingen/Heidelberg.
- Stremme, H. E. 1955. Bodenentstehung und Mineralbildung im Neckarschwemmlehm der Rheinebene. - In: Abh. hess. L. -Amt Bodenforsch., Wiesbaden, 11.
- Tichy, F. 1950. Geographische Grundlagen einer Wasserwirtschaft im Lahnggebiet. - Diss. Marburg.
- Troll, C. 1954. Über Alter und Bildung von Talmäandern. - In: Erdkunde, Bd. VIII, H. 4, S. 286-302.
- Uhde, R. 1958. Johann Gottfried Tulla. - In: Die Wasserwirtschaft, 48, Nr. 8, S. 195-199.
- Uhlen, O. 1958. Über Ermittlung der landwirtschaftlichen Schäden bei Grundwasserabsenkungen durch Wasserwerke. - In: GWF, 99, H. 10, S. 226-229.
- Wagner, Elisabeth. 1936. Die geographischen Grundlagen der künstlichen Entwässerung. - Diss. Frankfurt am Main.
- Wagner, J. 1862. Die Wüstungen in Starkenburg. Bd. 1. - Darmstadt.
- Wagner, Wilhelm. 1933. Die Schollentektonik des nordwestlichen Rheinhessens. - In: Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L. -A. zu Darmstadt, V, H. 14, S. 31-45.
- Wagner, Wilhelm. 1950. Diluviale Tektonik im Senkungsbereich des nördlichen Rheintalgrabens und an seinen Rändern. - In: Notizbl. hess. L. -Amt Bodenforsch., Wiesbaden, VI, H. 1, S. 177-192.
- Walter, H. 1950. Einführung in die Phytologie. Bd. I: Grundlagen des Pflanzenlebens und ihre Bedeutung für den Menschen. - Stuttgart.

- Walter, H. 1960. Einführung in die Phytologie. Bd. III; Grundlagen der Pflanzenverbreitung. 1. Teil: Standortslehre. - Stuttgart.
- Weimann, R. 1947. Fragen des Wasserhaushalts im Mittelrheingebiet dargestellt insbesondere am Beispiel der Nahe. - In: Bonner Geogr. Abh., H. 1.
- Weinheimer, H. 1958a. Älteste Maßnahmen zur Erhaltung und Hebung der Landeskultur. - In: Lebendige Heimat - Der Kreis Groß-Gerau, S. 290-301.
- Weinheimer, H. 1958b. Hochwasserkatastrophen am Rhein. - In: Lebendige Heimat - Der Kreis Groß-Gerau, S. 302-311.
- Wenck, H. B. 1799. Von dem Lauf des Neckars durch die Bergstraße und die Obergrafschaft Katzenelnbogen. - Darmstadt.
- Wenz, W. 1921. Das Mainzer Becken und seine Randgebiete. - Heidelberg.
- Will, Helmut. 1960. Ist das Hessische Ried zur Versteppung verurteilt? - In: Wasser und Boden, H. 1, S. 14-16.
- Will, Hermann. 1953. Der Einfluß des Rheins und der Niederschläge auf den Grundwasserstand im Bereich der BASF. - In: Die BASF, Aus der Arbeit der Bad. Anilin- und Soda-Fabrik A. G., 3, H. 5, S. 218-233.
- Wittmann, H. 1927. Der Einfluß der Korrektur des Rheins zwischen Basel und Mannheim auf die Geschiebebewegung des Rheins. - In: Deutsche Wasserwirtschaft, 22, H. 10, S. 245 ff.
- Wittmann, H. 1955. Zur Morphogenese des Oberrheins. - In: Die Wasserwirtschaft, 45, Nr. 5, S. 121-131.
- Witzel, G. 1957. Das Wasserhaushaltsgesetz und die Landwirtschaft. - In: Ber. über Landwirtschaft, Zeitschr. f. Agrarpolitik u. Landw., N.F., Bd. XXXV, H. 4, S. 869-878.
- Wohlrab, B. 1961. Das Grundwasser als Standortfaktor für die landwirtschaftliche Bodennutzung unter besonderer Berücksichtigung seiner Rolle bei der Wasserversorgung der Kulturen. - In: Wasser und Boden, H. 1, S. 2-6.
- Wollny, E. 1899. Die Beziehungen des Grundwasserstandes zu der Entwicklung und dem Ertragsvermögen der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. - In: Der Kulturtechniker, Breslau, II, S. 69-78.
- Wundt, W. 1950. Grundwasserkarten für die Oberrheinebene. - In: GWF, 91, S. 164-167.

- Wundt, W. 1953. Gewässerkunde. - Berlin.
- Wundt, W. 1957a. Sinkt der Grundwasserstand allgemein im Bundesgebiet? - In: Geogr. Rundschau, 9, S. 81-88.
- Wundt, W. 1957b. Die mittlere Wasserführung im Oberrheingebiet und die künstlichen Änderungen. - In: GWF, 98, H. 12, S. 284-285.
- Wundt, W. 1958. Die mittleren Abflußhöhen und Abflußspenden des Winters, des Sommers und des Jahres in der Bundesrepublik Deutschland. - In: FDL, Bd. 105, Teil III (Das Wasserdargebot in der Bundesrepublik Deutschland).
- Zapletal, E. 1956. Riedrode. Chronik des ersten hessischen Erbhofdorfes. - Bürstadt/Ried.
- Zender, A. 1933. Die Arten und Formen des Waldes im engeren Rhein-Main-Gebiet. - In: Frankfurter Geogr. Hefte, 7, H. 2.
- Zöppritz, C. 1847. Die Resultate des Rheindurchstichs im Geyer im Großherzogthum Hess. - Darmstadt.

B. Ungedruckte Quellen.

- Beisinger, G. 1955. Das Weschnitzproblem in der Westhälfte der Heppenheimer Gemarkung. - Heppenheim.
- Gutachten über die Möglichkeit einer ackerbaulichen Nutzung der Riedwiesen in der Gemarkung Heppenheim. 1955. - Hess. L.-Amt Bodenforsch. Wiesbaden, bearb. v. O. Schmitt.
- Gutachten über das Rheinhochwasser im Januar 1955. 1956. - Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mainz, aufgest. v. Bachwinkel.
- Gutachten über die Morphologie und Gefällskurve des Weschnitzlaufes. 1958. - Hess. L.-Amt Bodenforsch. Wiesbaden, bearb. v. O. Schmitt und G. Mattheß.
- Gutachten über den entwässerungsbedürftigen westlichen Gemarkungsteil von Heppenheim. 1960. - Hess. L.-Amt Bodenforsch. Wiesbaden, bearb. v. E. Bargon.
- Herzberg, A. 1955. Die Auswirkungen der Elster-Luppe-Regulierung auf die Elster-Luppe-Aue. - Dipl.-Arbeit, Leipzig.
- Hill, J. J. 1772. Über die Gegend des Rheins von Speyer bis Mayntz nebst der Situation längst der Bergstrasse und wie dieselbe en general zu verbessern. - StAD, Ab. X G 3 Konv. 38, Fasz. 9.

Pegelstammbücher Worms, Gernsheim, Erfelden, Nierstein-Oppenheim, Ginsheim, Mainz.

Zimmermann, H. 1954-56. Die Waldstandorte im Wuchsbezirk Rhein-Main-Ebene. - Wiesbaden.

C. Statistik.

Statistisches Handbuch für den Volksstaat Hessen. 3. Ausgabe. 1924. - Darmstadt.

Hessen in Wort und Zahl. 1936. - Darmstadt.

Die Bedeutung des nationalsoz. Meliorations- und Siedlungsprogramms. Abrechnung und Erläuterung eines fünfeinhalbjährigen Arbeitsabschnittes. 1939. - Darmstadt.

Hessische Gemeindestatistik H. 2. 1950. - Wiesbaden.

Amtliches Verzeichnis der Gemeinden in Hessen. 1957. - Wiesbaden.

D. Spezielle hydrologische und klimatologische Zahlenangaben.

Großherzogl. Hydrographisches Bureau (Hrsgb.) 1907. Die Pegel am Rhein und seinen Nebenflüssen im Großherzogtum Hessen und die Ergebnisse der Beobachtungen in dem 50-jährigen Zeitraum 1851-1900. - Darmstadt.

Landesanstalt für Gewässerkunde und Hauptnivellements (Hrsgb.) 1943. Jahrbuch für die Gewässerkunde des Deutschen Reiches. Abflußjahr 1939. - Berlin.

Landesamt für Gewässerkunde Rheinland-Pfalz (Hrsgb.). 1959. Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch. Abflußjahr 1957. - Mainz.

Hess. Minister f. Landwirtschaft und Forsten, Abt. Wasserwirtschaft (Hrsgb.). 1959 bis 1961. Ergänzungen zum Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch. Abflußjahre 1958 bis 1960. - Wiesbaden.

Klimakunde des Deutschen Reiches. Bd. III (Tabellen). 1939. - Berlin.

Mollwo, H. 1958. Klimawerte von Frankfurt/Main 1857-1956. In: Berichte des Deutschen Wetterdienstes Bd. 6, Nr. 43, Offenbach am Main.

Witterungsbericht. Herausgegeben vom Deutschen Wetterdienst in der US-Zone. 6. Jg. 1952. - Bad Kissingen.

Monatlicher Witterungsbericht des Deutschen Wetterdienstes.

1. Jg. 1953. - Bad Kissingen.

Monatlicher Witterungsbericht. Amtsblatt des Deutschen Wetterdienstes.

7. Jg. 1959. - Offenbach am Main.

Wasserstände. Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mainz sowie Wasserwirtschaftsamt Darmstadt.

Grundwasserstände. Hess. Minister für Landwirtschaft und Forsten.
Abt. Wasserwirtschaft, Wiesbaden.

Niederschlagswerte. Deutscher Wetterdienst, Zentralamt Offenbach
am Main.

E. Karten.

Topographische Karte 1:25.000. Blatt Nr. 6016 Groß-Gerau,
6017 Mörfelden, 6116 Oppenheim, 6117 Darmstadt-West,
6216 Gernsheim, 6217 Zwingenberg, 6316 Worms (versch. Ausgaben),
6317 Bensheim (versch. Ausgaben), 6417 Käfertal.

Karte des Deutschen Reiches 1:100.000. Blatt Nr. 527 Darmstadt,
544 Worms.

Militärische Situationskarte von den Ländern zwischen Rhein, Main
und Neckar nebst den angrenzenden Gegenden. Geographisch auf-
genommen und herausgegeben von Haas (1788 bis 1804), etwa
1:30.380. Blatt Oppenheim, Darmstadt, Guntersblum, Zwingenberg,
Worms, Heppenheim.

Geologische Karte 1:25.000 des Großherzogtums Hessen, mit Erläu-
terungen. Blatt Groß-Gerau, Mörfelden, Oppenheim, Darmstadt,
Zwingenberg, Bensheim.

Geologische Übersichtskarte von Hessen 1:300.000. Hrsgb. Hess.
L.-Amt Bodenforsch., Wiesbaden, 1960.

Bodenkundliche Übersichtskarte von Hessen 1:300.000. Hrsgb. Hess.
L.-Amt Bodenforsch., Wiesbaden, 1951.

Hydrogeologische Übersichtskarte 1:500.000 mit Erläuterungen.
Hrsgb. Bundesministerium f. Wirtschaft, Hydrogeol. Arbeitskreis.
Blatt Stuttgart und Frankfurt am Main.

Gewässerkundliches Kartenwerk Teil 1. Hrsgb. Hess. Minister f.
Landwirtschaft und Forsten, Abt. Wasserwirtschaft, Wiesbaden, 1959.

Karte der öffentlichen Wasserversorgung in der Bundesrepublik Deutschland 1:500.000. Hrsgb. Verband der Deutschen Gas- und Wasserwerke, Frankfurt am Main, 1958.

Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse von den Quellen bis zum Austritt des Stromes aus dem Deutschen Reich. 1:100.000. Bearb. von dem Großh. Badischen Centralbureau f. Meteorologie und Hydrographie, Berlin 1889. Abth. IX: Von Speyer bis unterhalb Worms, Abth. X: Von unterhalb Worms bis Mainz.

Karte des Überschwemmungsgebietes des Rheins, Mains, Neckars und des schiffbaren Theils der Lahn im Großherzogthum Hessen aus dem Jahre 1891. 1:100.000.

Karte des Flurabstandes des Grundwasserspiegels im Niederschlagsgebiet der Weschnitz nach der Aufnahme am 11. 11. 57. 1:100.000. Hergestellt vom Hess. L. -Amt Bodenforsch., Wiesbaden (noch unveröffentlicht).

Klima-Atlas von Hessen. 1950. - Bad Kissingen.

Ilhne, E. 1911. Phänologische Karte des Frühlingseinzuges im Großherzogtum Hessen nebst Erläuterungen. - In: Arbeiten der Landwirtschaftskammer für das Großherzogtum Hessen, H. 9, Darmstadt.

Luftbilder des Hess. Landesvermessungsamtes, Wiesbaden.

F. Persönliche und schriftliche Mittheilungen.

Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden.

Hess. Minister für Landwirtschaft und Forsten, Abt. Wasserwirtschaft, Wiesbaden.

Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mainz.

Wasser- und Schifffahrtsamt Worms.

Wasserwirtschaftsamt Darmstadt.

Deutscher Wetterdienst, Zentralamt Offenbach am Main.

Hess. Statistisches Landesamt Wiesbaden.

Katasterämter Groß-Gerau und Heppenheim.

Staatsarchiv Darmstadt.

Gemeindearchiv Erfelden.

Bürgermeistereien verschiedener Riedgemeinden.

Stadtwerke Worms (betreffend Wasserwerk Bürstadt).

Südhessische Gas- und Wasser A. G. Darmstadt (betreffend Wasserwerk Eschollbrücken).

G. Aufsätze aus Zeitungen.

Darmstädter Tagblatt.

Groß-Gerauer Tagblatt.

Heimat-Zeitung des Kreises Groß-Gerau.

Hess. Landeszeitung.

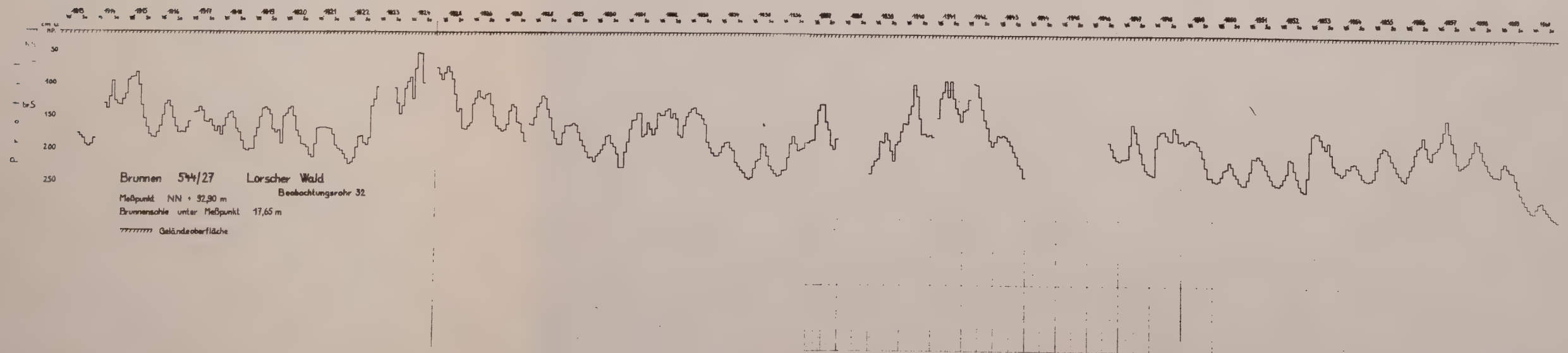
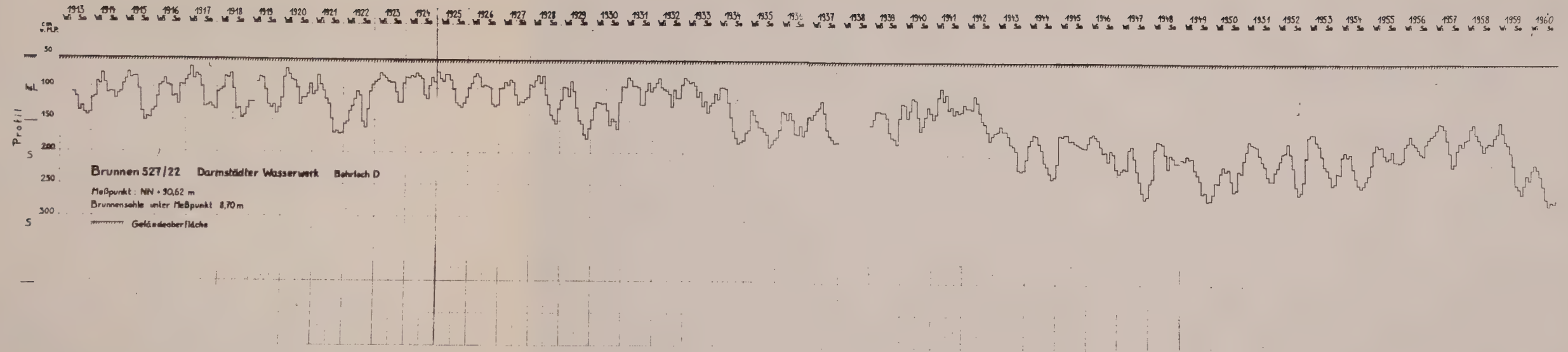
Hess. Volksfreund.

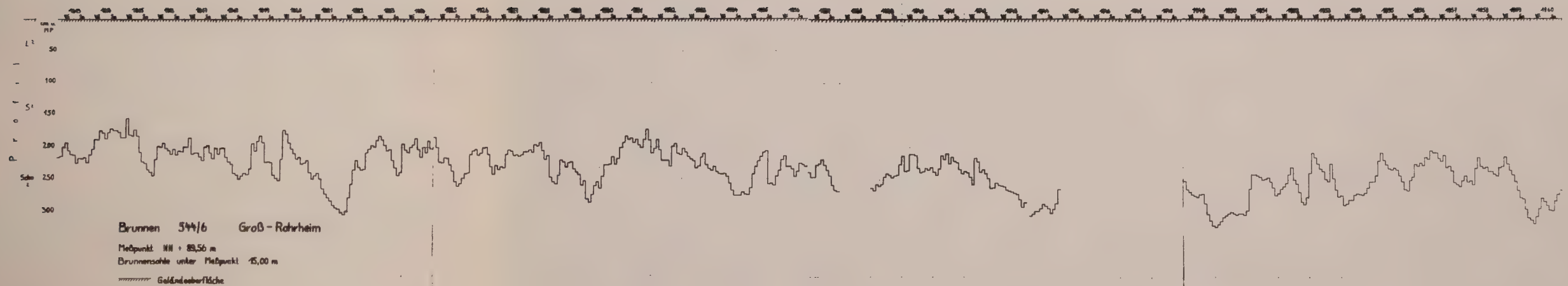
Mannheimer Morgen.

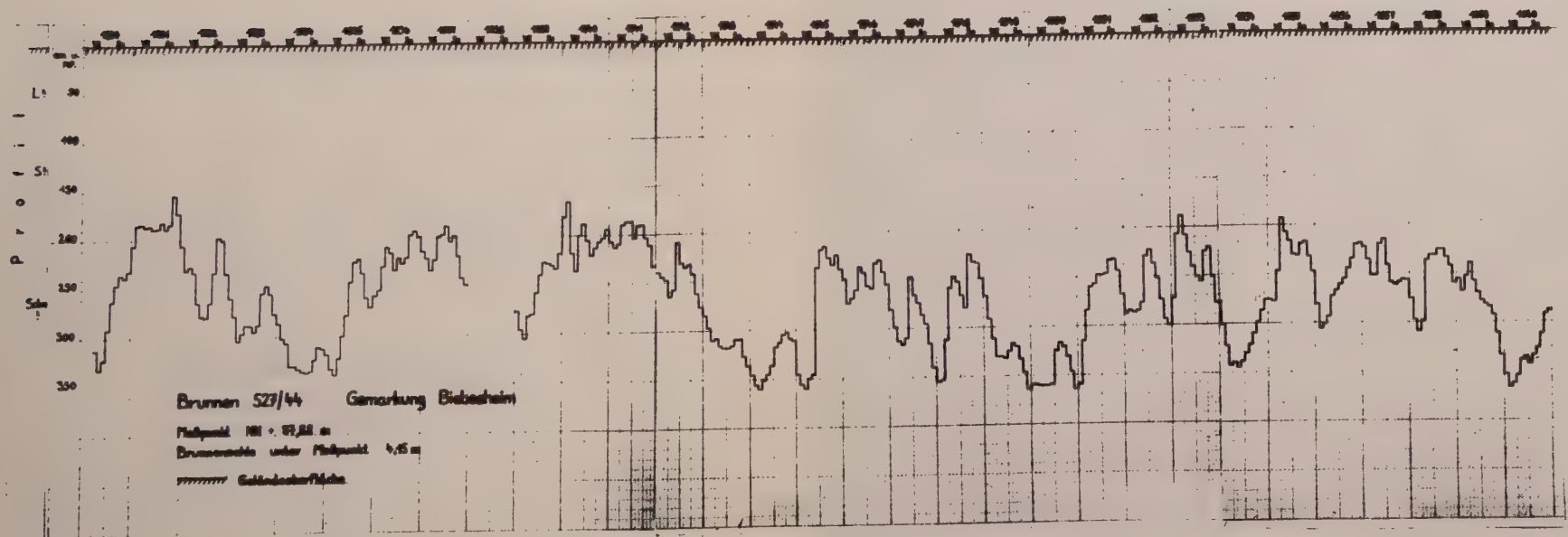
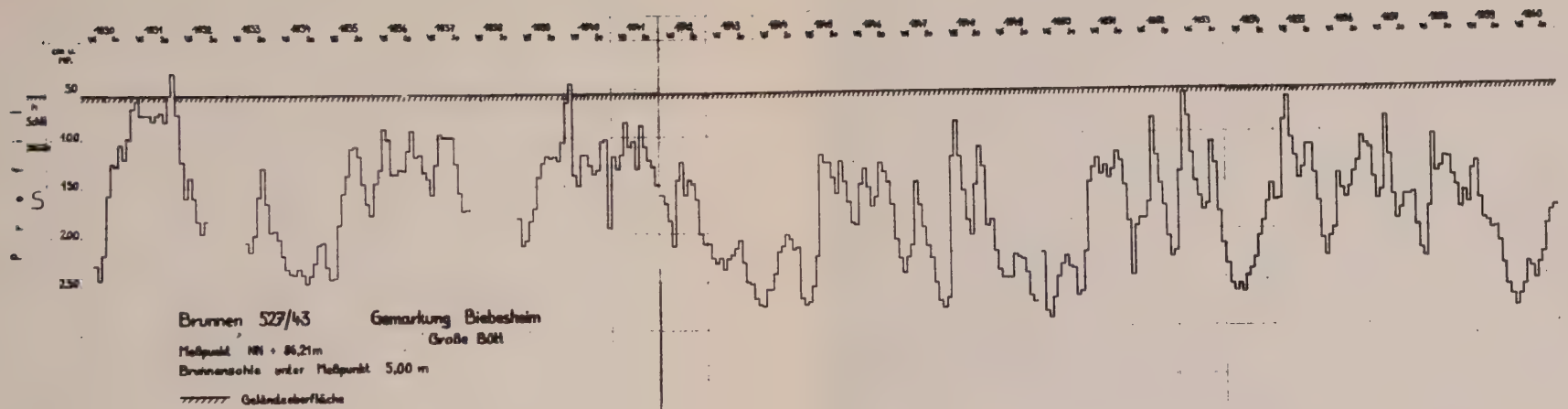
ANLAGEN

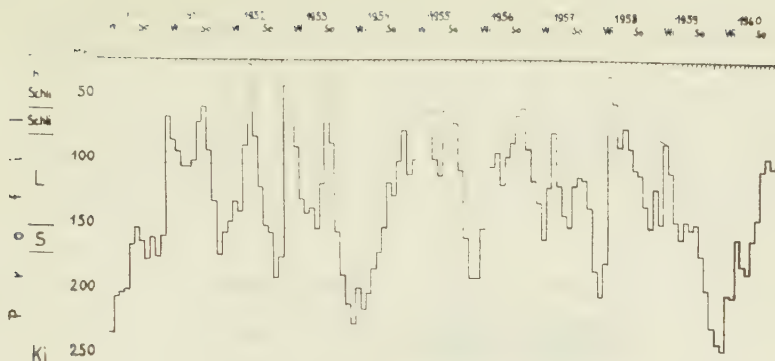
Verzeichnis der Abkürzungen

Scho	Schotter
ki, Ki	kiesig, Kies
s, S	sandig, Sand
l, L	lehmig, Lehm
t, T	tonig, Ton
h, H	humushaltig, Humus
mo, Mo	moorig, Moor
Schli	Schlick
Lö	Löß
br	braun
gr	grau







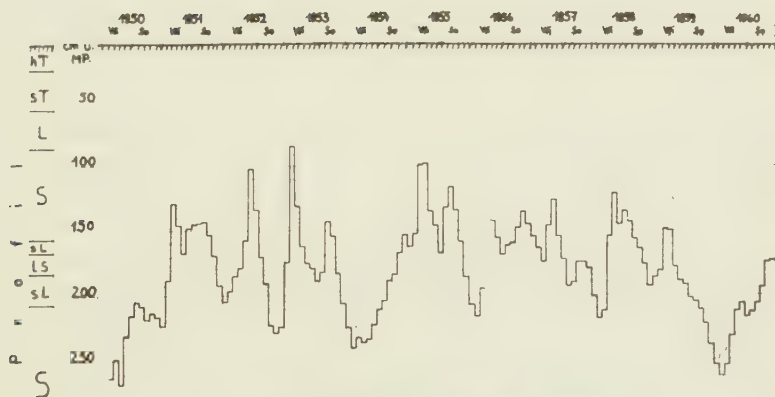


Brunnen 527/153 Gemarkung Hessenau

Meßpunkt NN + 84,47 m

Brunnensohle unter Meßpunkt 5,30 m

~~~~~ Geländeoberfläche

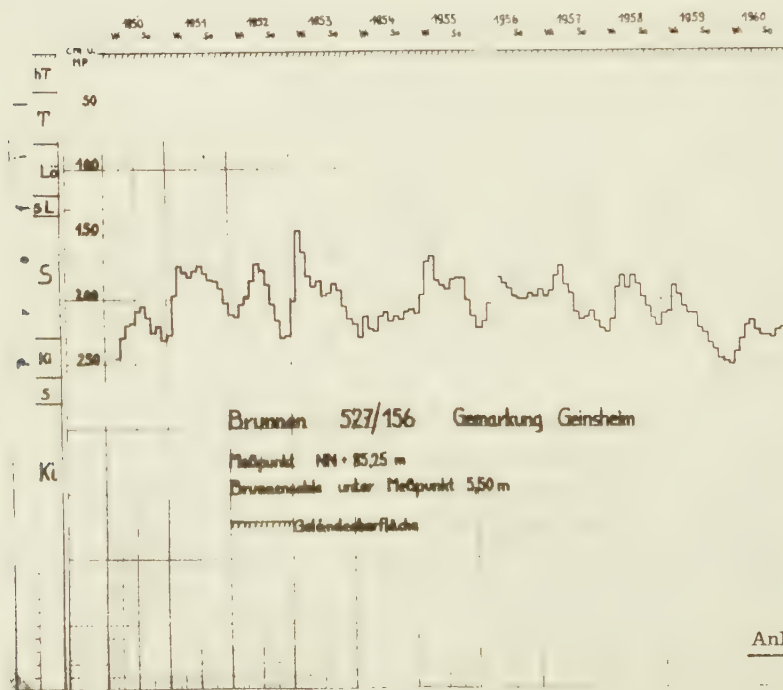
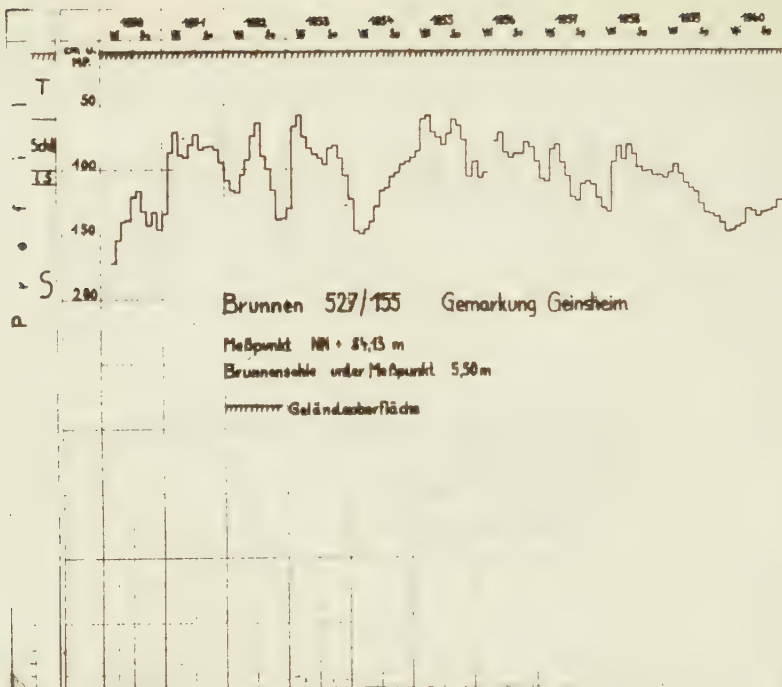


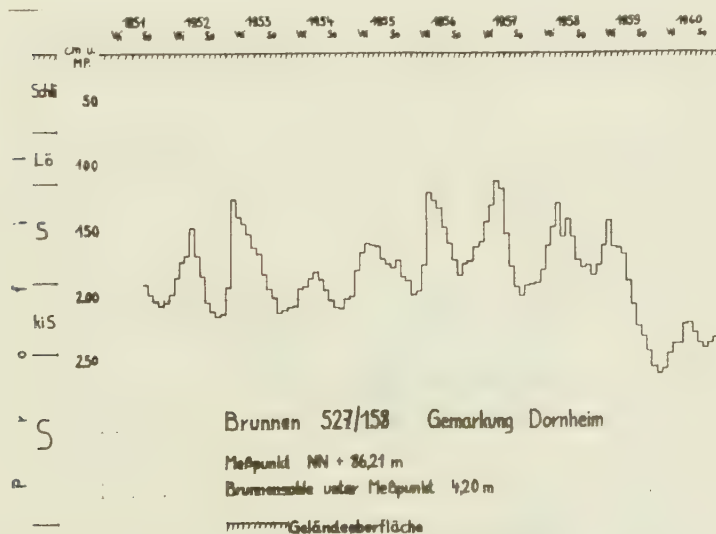
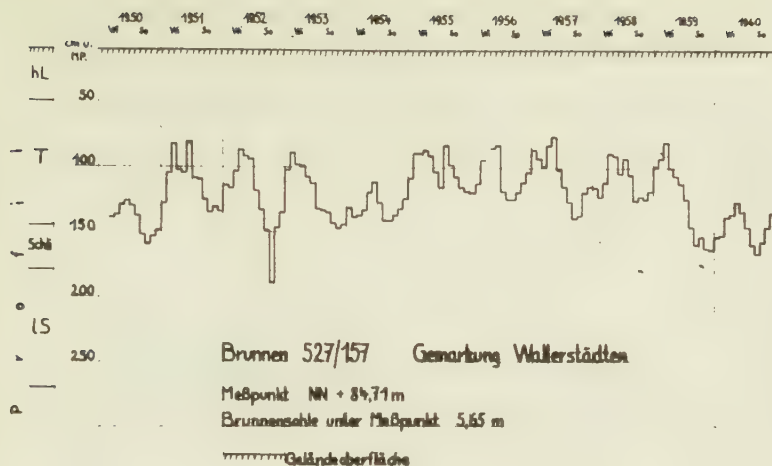
Brunnen 527/154 Gemarkung Hessenau

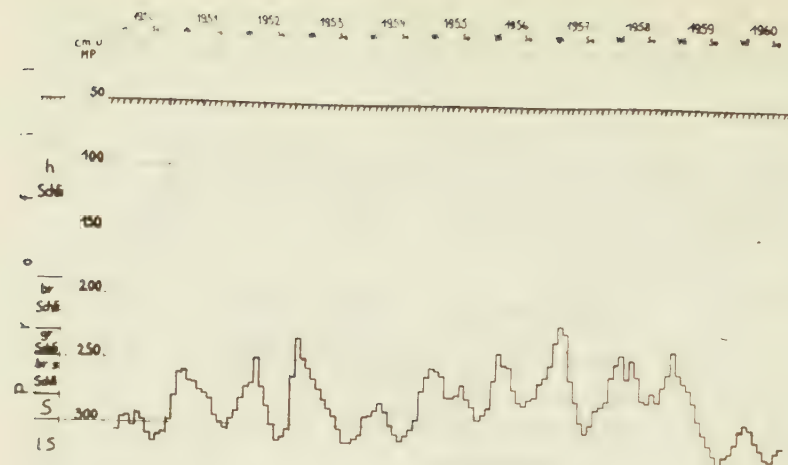
Meßpunkt NN + 84,75 m

Brunnensohle unter Meßpunkt 6,26 m

~~~~~ Geländeoberfläche





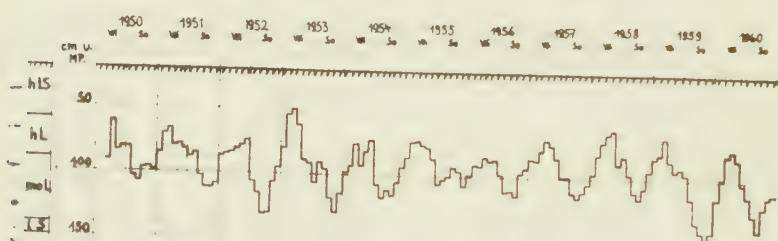


Brunnen 527/158 Gemarkung Dornheim

Meßpunkt NN + 88,33 m

Brunnensohle unter Meßpunkt 6,45 m

~~~~~ Geländeoberfläche

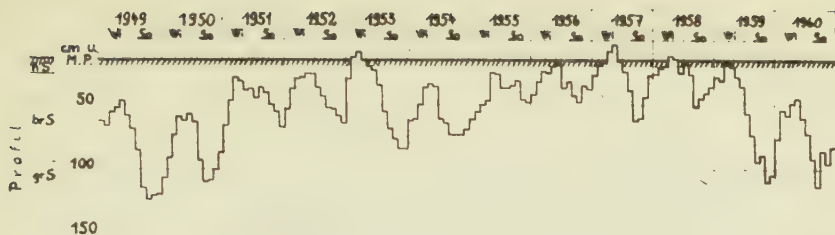


Brunnen 527/160 Gemarkung Büttelborn

Meßpunkt NN + 87,62 m

Brunnensohle unter Meßpunkt 5,35 m

~~~~~ Geländeoberfläche

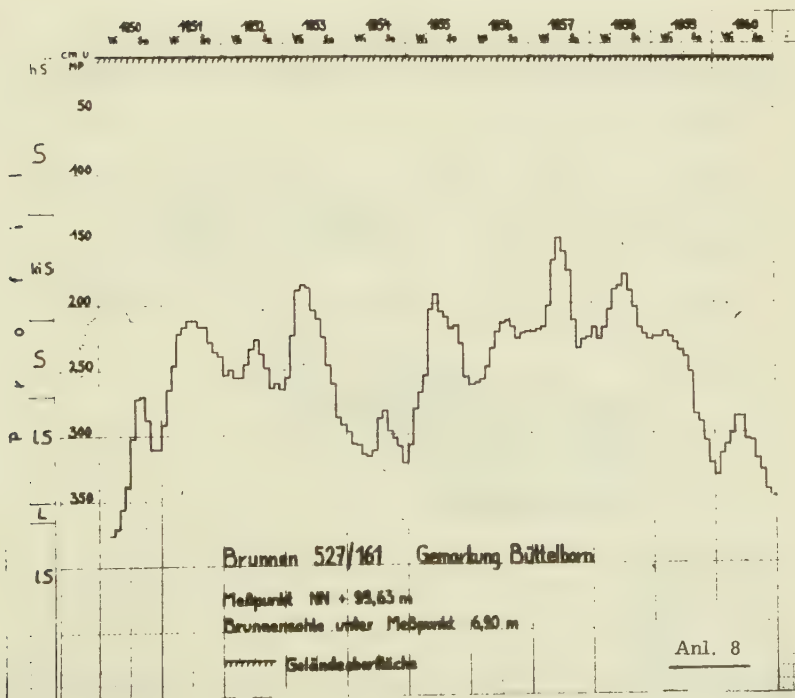


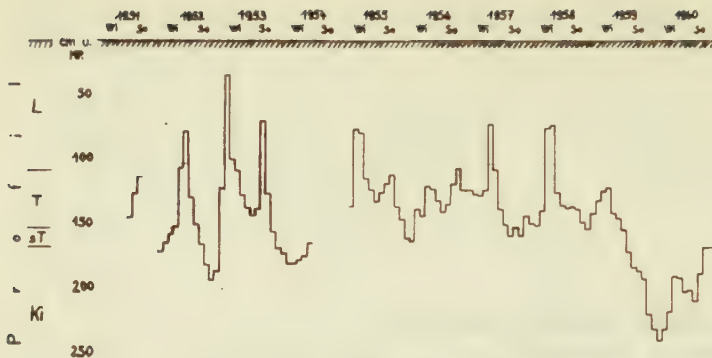
Brunnen 527/52 Büttelborner Wald

Meßpunkt NN + 92,15 m

Brunnensohle unter Meßpunkt 6,90 m

~~~~~ Geländeoberfläche



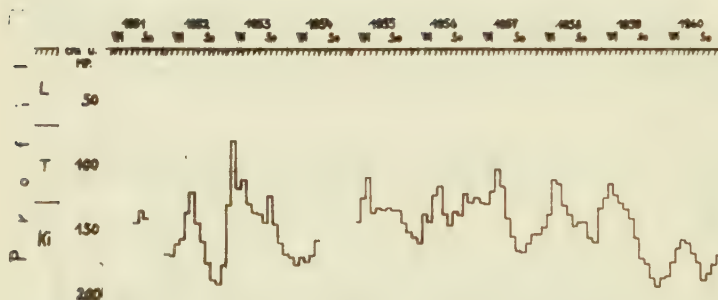


Brunnen 544/3 Gemarkung Hofheim

Meßpunkt NN + 83,35 m

Brunnensehle unter Meßpunkt 5,55 m

~~~~~ Geländeoberfläche

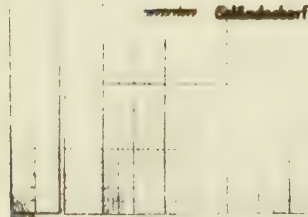


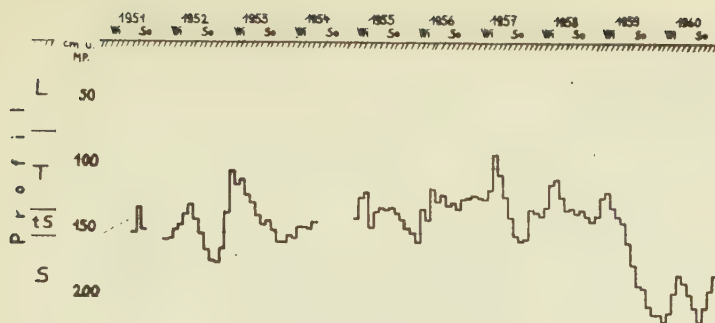
Brunnen 544/4 Hofheim Sportplatz

Meßpunkt NN + 83,72 m

Brunnensehle unter Meßpunkt 5,45 m

~~~~~ Geländeoberfläche



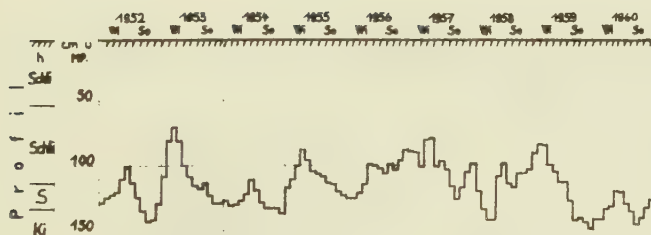


### Brunnen 544/5 Gemarkung Hofheim

Meßpunkt NN + 89,19 m

Brunnensohle unter Meßpunkt 5,58 m

~~~~~ Geländeoberfläche

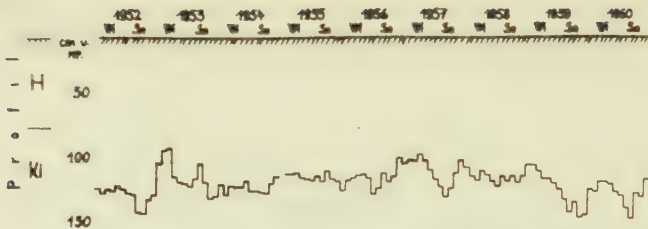


Brunnen 544/7 Gemarkung Bürstadt

Meßpunkt NN + 89,51 m

Brunnensohle unter Meßpunkt 5,03 m

~~~~~ Geländeoberfläche

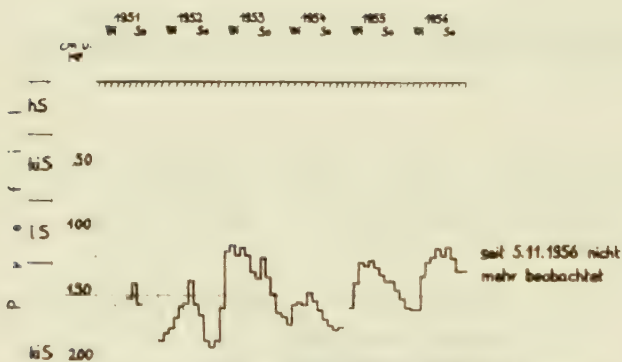
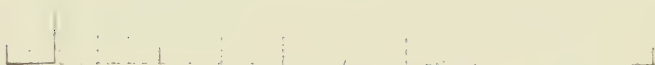


Brunnen 544/8 Gemarkung Riedrode

Meßpunkt NN + 90,04 m

Brunnensohle unter Meßpunkt 4,18 m

~~~~~ Geländeoberfläche

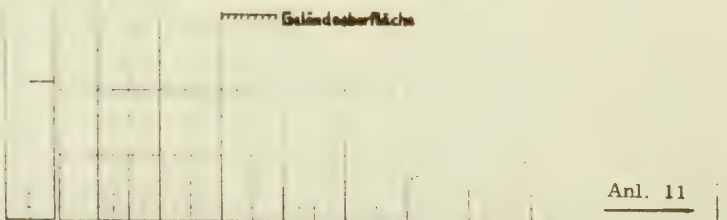


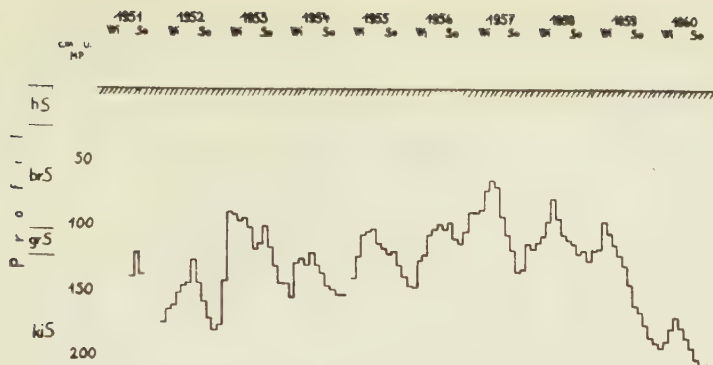
Brunnen 544/9 Gemarkung Einhausen

Meßpunkt NN + 91,43 m

Brunnensohle unter Meßpunkt 3,05 m

~~~~~ Geländeoberfläche



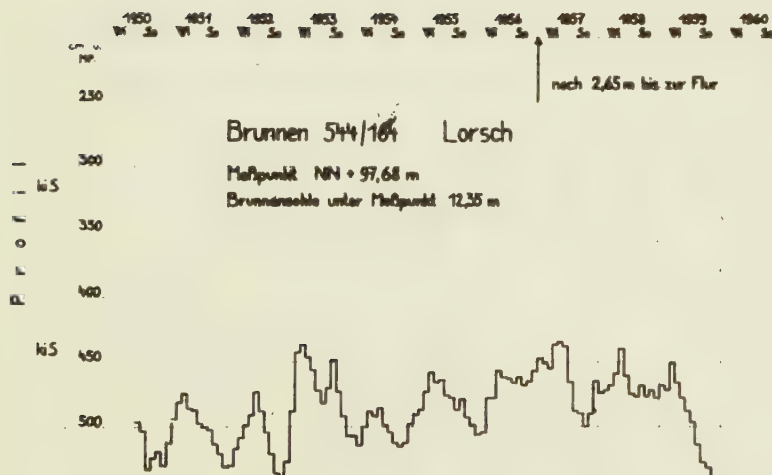


### Brunnen 544/10 Gemarkung Einhausen

Meßpunkt NN + 93,02 m

Brunnensohle unter Meßpunkt 4,95 m

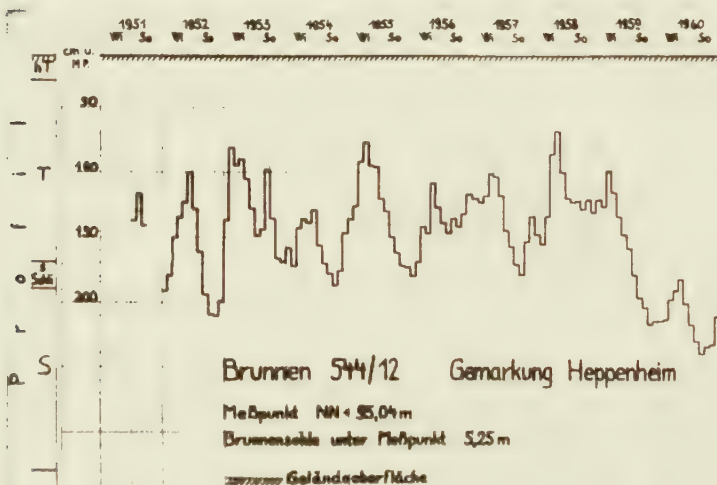
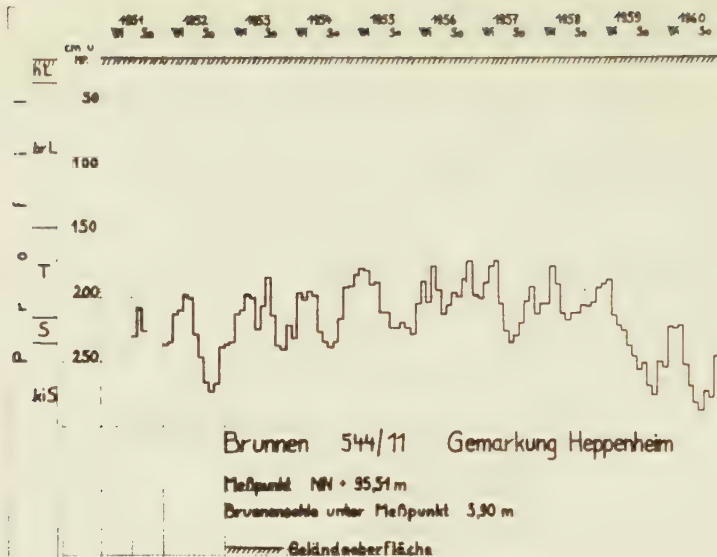
//////// Geländeoberfläche

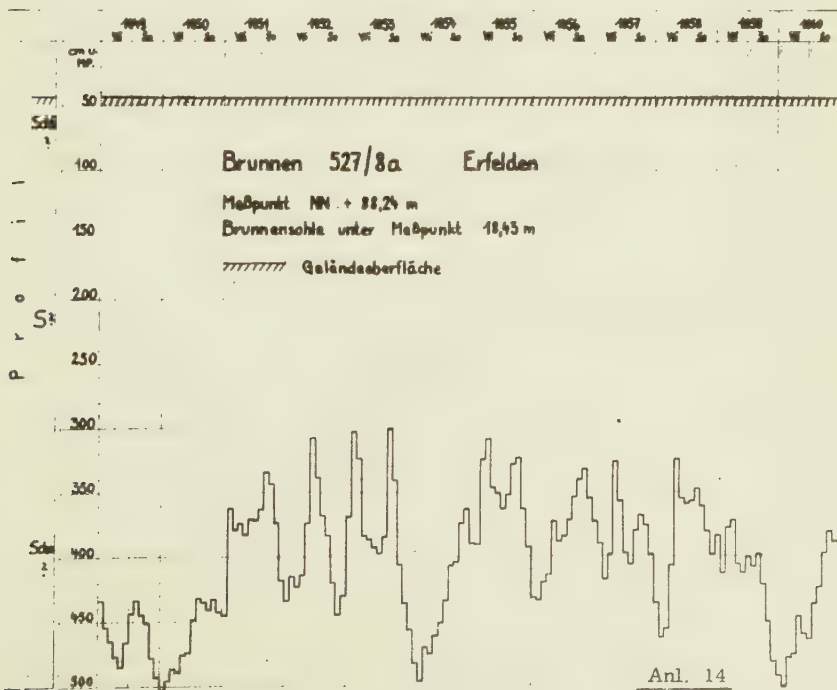
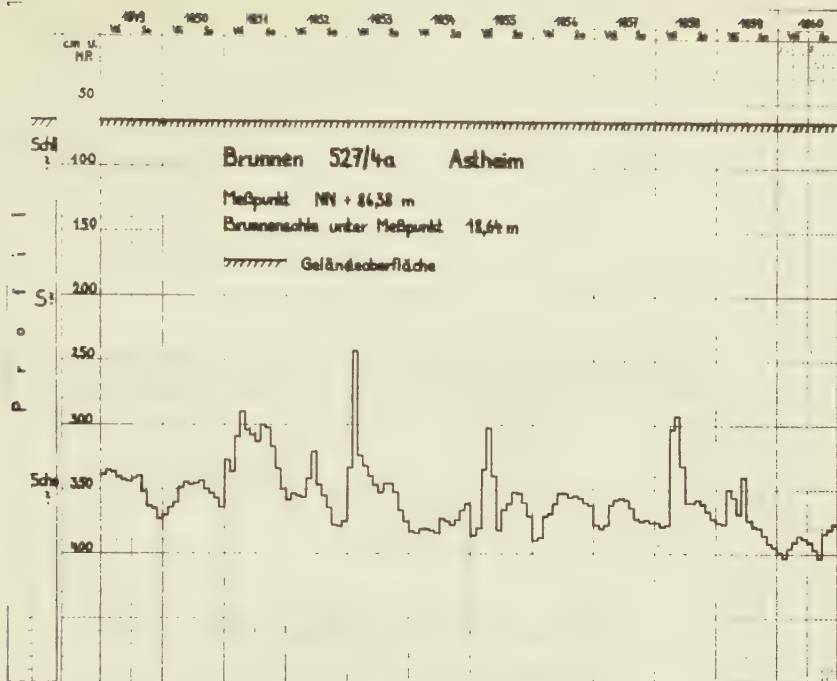


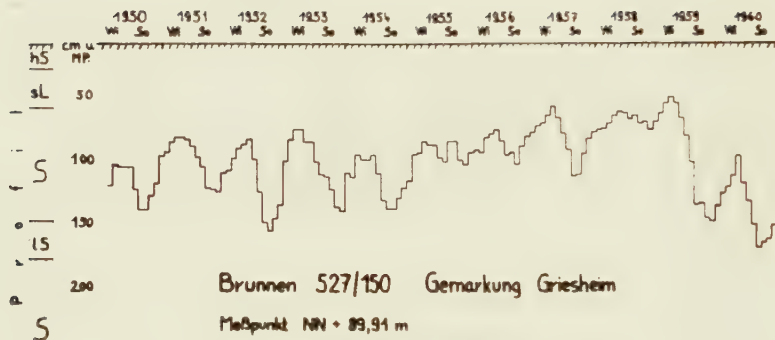
### Brunnen 544/104 Lorsch

Meßpunkt NN + 97,68 m

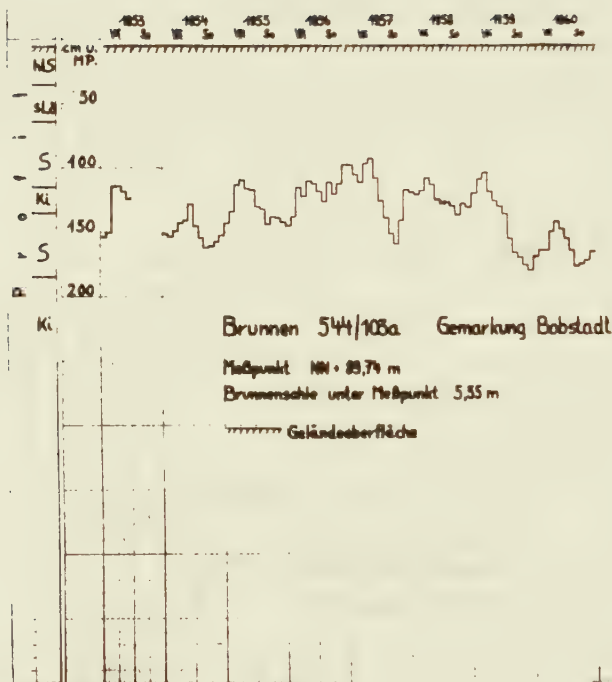
Brunnensohle unter Meßpunkt 12,35 m



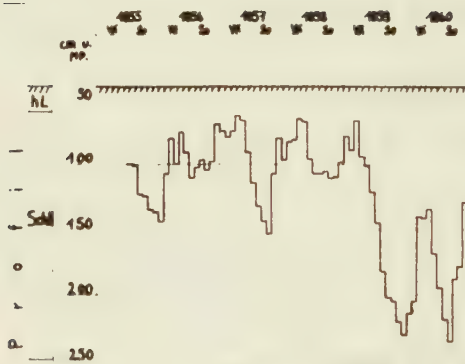
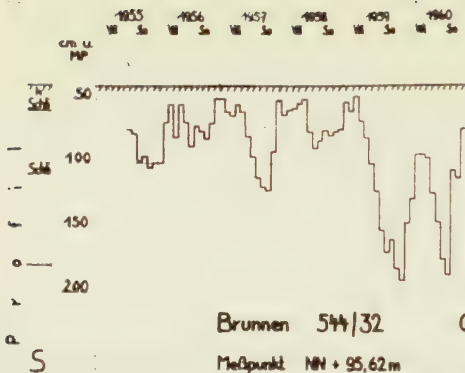


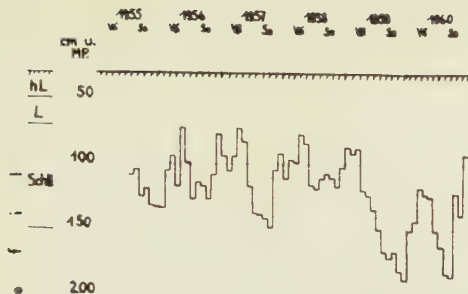












Brunnen 544/35 Gemarkung Heppenheim

Meßpunkt NN + 95,40 m

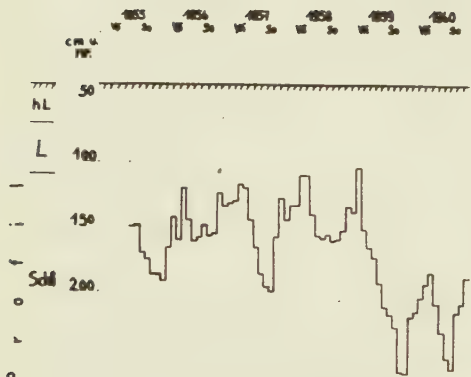
An der Wieschritz

Brunnensohle unter Meßpunkt 4,30 m

~~~~~ Geländeoberfläche

S

Ki



Brunnen 544/38 Gemarkung Heppenheim

Meßpunkt NN + 96,12 m

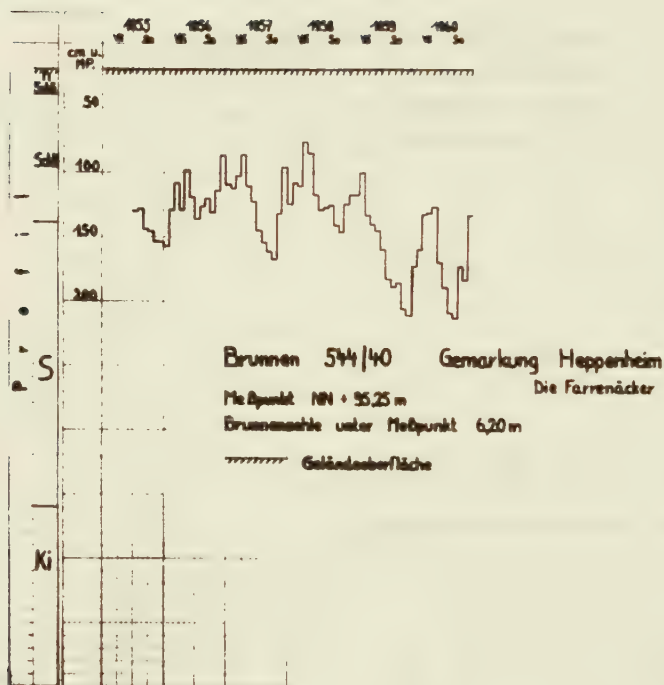
In d. kl. Weidäcker

Brunnensohle unter Meßpunkt 6,40 m

~~~~~ Geländeoberfläche

S

Ki



## Lebenslauf

Am 5. September 1924 wurde ich, Annelies Herzberg, als Tochter des Kaufmanns Arthur Herzberg und seiner Ehefrau Charlotte geb. Lötsch in Leipzig geboren. Ich habe die deutsche Staatsangehörigkeit.

Von Ostern 1931 bis 1935 besuchte ich in Leipzig die Volksschule und anschließend daran die Gottsched- und Richard-Wagner-Schule als Städtische Höhere Mädchenschulen. Meine Ausbildung auf der Höheren Schule wurde auf Grund der rassischen Zugehörigkeit meines Vaters unter den politischen Verhältnissen der 30er Jahre behindert. Ich war deshalb gezwungen, 1938 in eine Höhere Handelsschule in Leipzig (Annenschule) überzuwechseln. Im Jahre 1941 verließ ich diese Lehranstalt mit der mittleren Reife.

Bis Dezember 1944 war ich im kaufmännischen Beruf tätig. Anschließend wurde ich von der Gestapo dienstverpflichtet. Mein Vater ist im Jahre 1941 nach Polen verschleppt worden und von dort nicht zurückgekehrt.

Erst in den Jahren 1948 bis 1950 erhielt ich die Möglichkeit, an der Vorstudienanstalt der Universität Leipzig, der späteren sogenannten Arbeiter- und Bauernfakultät, das Abitur nachzuholen. Nach bestandener Abschlußprüfung, am 14. 7. 1950, immatrikulierte ich mich ab WS 1950/51 an der Universität Leipzig und begann mit dem Studium der Geographie und Geologie. Im Juni 1955 legte ich hier das Diplom-Examen ab.

Infolge politischer Schwierigkeiten mußte ich im Oktober 1955 die Sowjetzone illegal verlassen.

Vom SS 1956 bis einschließlich SS 1961 war ich an der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu Frankfurt am Main eingeschrieben und habe mich hier vorwiegend den Fächern Geographie, Geologie, Bodenkunde und Meteorologie gewidmet.



Meine akademischen Lehrer waren in der Reihenfolge meines Studienganges: in Geographie die Herren Professoren Neef, Edgar Lehmann, Gerhard Schmidt, Rudolphi, Herbert Lehmann, Frau Professor Krenzlin und Privatdozent Dr. Kuls; in Geologie die Herren Professoren Lauterbach, Krejci-Graf, Michels, Solle; in Bodenkunde Herr Professor Schönhals und in Meteorologie Herr Professor Mügge.

Frankfurt am Main, Mai 1962





